COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MARS 1872.

PRÉSIDENCE DE M. DE QUATREFAGES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur l'oscillation elliptique des cyclones solaires;* Note de M. FAYE.

« Tant qu'on a ignoré la véritable nature des taches du Soleil, on a pu leur attribuer toute sorte d'influences mystérieuses qui ont énormément contribué à entretenir, parmi les astronomes, le zèle pour ce genre d'observations, influences sur nos aurores boréales, action sur l'aiguille aimantée, relations intimes avec le monde des planètes, etc.

» C'est ainsi qu'en Italie on s'est attaché à rechercher et à saisir de curieuses coïncidences entre l'apparition des taches (par suite celle des protubérances) et les aurores boréales; en Allemagne, entre le nombre des taches et les variations de certains éléments du magnétisme terrestre; en Angleterre, entre le nombre ou la grandeur des taches et les aspects des principales planètes. Rien de plus intéressant, en effet, que de saisir un lien cosmique entre les corps les plus éloignés, entre les phénomènes les plus disparates, et de rencontrer sur le Soleil, en dehors de l'attraction, de la lumière et de la chaleur, un ordre de phénomènes dont la manifestation retentit aussitôt jusque sur la Terre et sur les membres encore plus éloignés de notre monde solaire, et réciproquement.

» Ces brillantes hypothèses fléchissent quelque peu devant le fait que les taches sont de simples cyclones comme les nôtres; mais il n'en résulte

pas un moindre intérêt scientifique pour l'étude assidue du Soleil (*). Cet intérêt change seulement de nature; il se reporte d'une part sur la Mécanique générale, d'autre part sur la manière d'étudier les grands phénomènes purement dynamiques de notre atmosphère.

» Sur la Mécanique, parce que les cyclones solaires, par leur libre et complet développement, par leur longue durée et par la situation même de l'observateur à leur égard, ont une allure bien plus simple et bien plus facile à étudier que les nôtres, qui obéissent pourtant aux mêmes lois. Sur la Météorologie, parce que ses plus importants phénomènes revêtent justement la forme cyclonique; aussi cette science semble-t-elle attendre, de la Mécanique des mouvements tournants dans les milieux gazeux, les indications dont elle a besoin pour faire de nouveaux et décisifs progrès.

» Voici d'ailleurs une comparaison rapide des deux ordres de phénomènes au point de vue mécanique :

Cyclones solaires.	*Cyclones terrestres.*
1° Forme circulaire, largement évasée par le haut; axe à peu près vertical. Dimensions, à l'ouverture, variant depuis le simple point jusqu'à $\frac{1}{20}$ et même plus du diamètre du Soleil.	Même figure; même disposition; dimensions variant (en bas) depuis quelques mètres jusqu'à $\frac{1}{40}$ et même $\frac{1}{10}$ du diamètre de la Terre.
2° Puisant par aspiration dans les couches supérieures des matériaux refroidis qu'ils amènent violemment en bas.	Même phénomène, plus dépression barométrique énorme sur leur passage.
3° Gyration directe sur l'hémisphère nord et rétrograde sur l'hémisphère sud.	Mêmes phénomènes depuis longtemps constatés sur nos deux hémisphères.
4° Engendrés et entretenus par l'inégale vitesse des courants voisins dans la photosphère.	Même mode de génération et d'entretien.
Naissent et restent dans deux zones parallèles de part et d'autre de l'équateur (**).	Se produisent, selon les saisons, dans l'une ou l'autre région tropicale, mais n'y restent pas.
5° Ils suivent, comme des corps flottants, les courants parallèles de la photosphère.	Même phénomène, sauf la direction plus complexe des courants de notre atmosphère.
6° Se multiplient par voie de segmentation et forment des séries de cyclones alignés à peu près dans le sens des parallèles.	Se subdivisent, à la rencontre d'un obstacle, en cyclones partiels, bientôt indépendants; se succèdent très-souvent en séries alignées dans le sens du courant général.
7° Ils décrivent lentement de petites ellipses dans le sens de leur gyration et dans celui de la rotation du Soleil.	Durée trop courte pour que l'on ait pu y noter des phénomènes analogues.

(*) Je parle ici des taches, non de l'analyse spectrale du Soleil, dont l'intérêt se rapporte au côté physique et chimique des phénomènes; nous ne parlons ici qu'au point de vue mécanique.

(**) J'ai fait dépendre (*Comptes rendus*, séance du 30 déc. 1872, p. 1794) la distribution géographique des cyclones solaires de la loi de la rotation $m - n\sin^2\lambda$; mais, au lieu de la différence des vitesses $\Delta.\sin^2\lambda\cos\lambda$, que j'en ai conclue pour deux parallèles voisins, M. Roche, l'éminent professeur de Montpellier, propose $\sin\lambda\cos^2\lambda.\Delta\lambda$, qui donne la latitude de 35 degrés, au lieu de 28 degrés, pour la région du maximum de fréquence des taches. M. Roche

» C'est cette dernière propriété des taches ou cyclones du Soleil que je vais reprendre dans cette Note. Lorsque je la signalai pour la première fois, en 1866, je ne connaissais pas encore la véritable loi de la rotation solaire qui intervient forcément dans une moitié de la question. Il est donc resté dans mon premier travail, mais pour l'oscillation en longitude seulement, une partie empirique et une confusion (*) dont il est aisé de le dégager aujourd'hui.

» En premier lieu j'ai démontré, il y a sept ans, que les taches sont animées en latitude d'une oscillation très-lente et très-régulière de la forme $\alpha \cos \beta t$, dont l'amplitude totale est 2α, et dont la période exprimée en jours est $\frac{360^\circ}{\beta}$.

» Les latitudes ne présentent pas d'autre inégalité; toute leur théorie est contenue dans la formule simple $\lambda + \alpha \cos\beta(t - \theta)$. Il est d'ailleurs aisé d'en déterminer graphiquement les constantes; car, en prenant le temps pour abscisse et les latitudes observées pour ordonnées, on obtient, pour chaque tache, une sinusoïde bien caractérisée sur laquelle on relève au compas la latitude moyenne λ, les quantités angulaires α et β, et l'origine du temps θ. On peut voir, dans mes premiers Mémoires de 1866, avec quelle exactitude on représente les observations par les seuls procédés graphiques. On corrige ensuite ces valeurs par le calcul, s'il y a lieu, en formant des équations de condition entre les observations et les corrections cherchées de la forme

$$\begin{aligned} \text{lat. obs.} = \lambda + \alpha \cos\beta(t - \theta) + d\lambda + \cos\beta(t - \theta) d\alpha \\ - \alpha \sin 1^\circ \sin(t - \theta)\left[(t - \theta)\, d\beta - \beta\, d\theta\right]. \end{aligned}$$

De là la loi : *Les cyclones solaires n'ont pas, comme les nôtres, de mouvements progressifs en latitude, mais de simples oscillations pendulaires d'une grande lenteur (de 80 à 160 jours) et d'une amplitude totale assez considérable (de 2 à 4 degrés).*

» Il importe d'ajouter que les taches, sauf les cas de segmentation toute récente, sont indépendantes les unes des autres; il n'y a pas de mouvement d'ensemble : dans la même région, des taches se rapprochent de l'équateur, tandis que d'autres s'en éloignent ou sont stationnaires.

---

remarque d'ailleurs qu'il serait plus juste de faire intervenir ici les forces vives au lieu des simples vitesses.

(*) Ainsi dans mon dernier article (*Comptes rendus* du 17 février, p. 393, ligne 8 en remontant), je rappelle, par erreur, que l'oscillation est sensiblement linéaire et perpendiculaire à l'équateur. Elle est en réalité elliptique, mais le terme de cette espèce afférent à la longitude contient, comme on va le voir, deux parties imputables à des causes diverses, l'une propre à la tache, l'autre dépendante de la singulière rotation du Soleil.

» Examinons maintenant les inégalités de la longitude, et, pour cela, rappelons que les coordonnées des taches sont rapportées, dans le Catalogue de sept années de M. Carrington, à un méridien mobile, animé de la rotation alors admise pour le Soleil, c'est-à-dire d'une vitesse diurne de $14^\circ,1843$. M. Carrington a reconnu qu'il fallait ajouter à cette vitesse un terme variable avec la latitude; j'ai trouvé que ce terme devait être de la forme $m - n\sin^2\lambda$, en sorte que la loi de la rotation du Soleil (photosphère) est : *La vitesse angulaire de rotation diminue, d'un parallèle à l'autre, d'une quantité proportionnelle au carré du sinus de la latitude.* D'après cela, le mouvement diurne $m - n\sin^2\lambda$ devient, pour une tache dont la latitude oscille périodiquement, $m - n\sin^2[\lambda + \alpha\cos\beta(t-\theta)]$, et si elle est, en outre, animée, en longitude, d'une oscillation correspondante, ayant pour amplitude A (en arc de grand cercle), on aura, pour la longitude théorique,

$$\int \{m - n\sin^2[\lambda + \alpha\cos\beta(t-\theta)]\}\,dt + \frac{A\sin\beta(t-\theta)}{\cos[\lambda + \alpha\cos\beta(t-\theta)]}.$$

Cela suppose que la tache exécute autour d'une position moyenne, dans un sens quelconque, une petite ellipse ayant α et A pour axes, et que, quel que soit le parallèle sur lequel elle se trouve ainsi transportée, elle suit le mouvement correspondant de la rotation sur ce parallèle, à peu près comme un ballon qui suivrait les courants de notre atmosphère, quand bien même il posséderait en propre un petit mouvement d'oscillation.

» Mais il importe de noter que les constantes λ, α, β et θ ont été antérieurement données par les observations de latitude; par conséquent, dans l'expression précédente, il n'y a plus à déterminer que la constante introduite par l'intégration et le coefficient A.

» Développons cette expression suivant les puissances croissantes de la petite quantité α; on aura, après l'intégration,

$$\begin{aligned}&\text{const.} + \left(m - n\sin^2\lambda - \tfrac{1}{2}n\alpha^2\sin^2 1^\circ\cos 2\lambda\ldots\right)(t-\theta)\\ &\quad - n\frac{\alpha}{\beta}\sin 2\lambda\sin\beta(t-\theta) - \frac{1}{4}n\frac{\alpha^2}{\beta}\sin 1^\circ\cos 2\lambda\sin 2\beta(t-\theta)\ldots\\ &\quad + \frac{A}{\cos\lambda}\sin\beta(t-\theta) - \frac{1}{2}\frac{A}{\cos\lambda}\alpha\sin 1^\circ\,\mathrm{tang}\lambda\sin 2\beta(t-\theta)\ldots\end{aligned}$$

Comme α ne dépasse pas 2 degrés, les termes en α^2 et $A\alpha$ sont déjà négligeables. Le premier de ces termes atteint, il est vrai, $0^\circ,0016$, et a le temps pour facteur; mais il se confond avec le moyen mouvement. Le second est périodique et ne dépasse pas $0^\circ,02$. Le dernier, en $A\alpha$, est encore plus faible. Nous pourrons donc écrire, en prenant pour l'origine θ l'instant où la tache est le plus près possible du pôle sud, c'est-à-dire où la latitude

devient $\lambda - \alpha$,

$$\text{lat.} = \lambda - \alpha \cos\beta (t - \theta),$$

$$\text{long.} = \text{const.} + (m - n \sin^2\lambda)(t - \theta) + \left(n \frac{\alpha}{\beta} \sin 2\lambda + \frac{A}{\cos\lambda}\right) \sin\beta (t - \theta).$$

» J'ai trouvé, en 1867 (*), pour les constantes m et n de la rotation solaire, les valeurs $0^\circ,1090$ et $2^\circ,622$.

» Voyons maintenant, au moyen de taches de la plus longue durée possible, jusqu'à quel point cette formule s'adapte aux observations. La discussion nous montrera deux choses : 1° si une tache quelconque, transportée d'un parallèle sur l'autre, prend immédiatement les mouvements qui conviennent à ces parallèles successifs; 2° si elle possède un mouvement oscillatoire en longitude correspondant à l'oscillation en latitude dont l'existence et la loi ont été antérieurement mises hors de doute.

1° *Tache boréale observée du* 8 *janvier au* 9 *avril* 1866.

» Les quatre retours ont été observés par le P. Secchi (*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 169). J'en ai déterminé l'oscillation en latitude (même tome, p. 1027), et les trente-trois latitudes m'ont donné

$$\text{lat.} = +8^\circ,0 - 1^\circ,7 \cos 2^\circ,68 (t - 6^j).$$

On en déduit, par la formule ci-dessus,

$$\text{long.} = C + 0^\circ,066 (t - 6^j) + \left(0^\circ,46 + \frac{A}{\cos 8^\circ}\right) \sin 2^\circ,68 (t - 6^j).$$

» Nous aurons, pour déterminer C et le coefficient $0^\circ,46 + \frac{A}{\cos 8^\circ}$, les équations de condition suivantes, formées par la moyenne des observations faites aux quatre apparitions :

				Obs. — Calc.
$1\,C$	$+0,451$	$\left(0^\circ,46 + \frac{A}{\cos 8^\circ}\right) =$	$201^\circ,34$	$-0^\circ,52$ (**)
1	$+1,000$	»	203,76	$+0,40$
1	$+0,287$	»	202,77	$-0,08$
1	$-0,801$	»	200,26	$+0,09$

Elles donnent

$$0^\circ,46 + \frac{A}{\cos 8^\circ} = 1^\circ,83 \quad \text{d'où} \quad A = 1^\circ,36,$$

(*) *Comptes rendus*, t. LXIV, p. 201. *Sur la loi de la rotation superficielle du Soleil.*

(**) Les deux premières séries de longitudes ont été déduites par le P. Secchi de simples dessins; de là, sans doute, leur précision moindre. Les autres ont été obtenues par le même astronome au moyen d'excellentes mesures micrométriques. Il est utile de noter ici que les observations de cette tache se rapportent, par exception, au centre de l'ouverture supérieure de la pénombre et non au centre du noyau.

valeur qui satisfait aux observations du P. Secchi avec toute la précision qu'elles comportent. Ainsi les mouvements de cette tache, rapportés au méridien mobile dont la longitude est donnée à tout instant t par

$$C + (14^\circ,1843 + 0^\circ,066)(t - 6^j) + 0^\circ,46 \sin 2^\circ,68(t - 6^j)$$

ont pour expression

En longitude . . . . $+ 1^\circ,36 \sin 2^\circ,68(t - 6^j)$
En latitude. . . . . $- 1^\circ,70 \cos 2^\circ,68(t - 6^j)$

C'est une ellipse ayant pour axes $2^\circ,72$ et $3^\circ,40$. Comme la tache part du point le plus austral de son excursion, et qu'à partir de cette date $t = 6^j$ où la longitude est nulle celle-ci va en croissant, il s'ensuit que cette petite ellipse est parcourue en sens direct.

2° *Tache australe observée du* 1er *août au* 1er *décembre* 1860.

» Les quatre premiers retours ont été reconnus par M. Carrington. D'après ces observations, j'avais trouvé, pour la latitude,

$$-25^\circ,68 - 1^\circ,93 \cos 3^\circ,184(t - 305^j,2).$$

Cette expression m'ayant fait découvrir, dans le catalogue anglais, un cinquième retour de la même tache, je viens d'en corriger les coefficients au moyen de cinq équations de condition de la forme indiquée plus haut. Ces équations ont donné

$$d\lambda = +0^\circ,18,\quad d\alpha = -0^\circ,075,\quad d\beta = +0^\circ,174,\quad d\theta = +2^j,31;$$

l'expression définitive de la latitude est donc

$$-25^\circ,50 - 2^\circ,00 \cos 3^\circ,358(t - 302^j,9).$$

» Les latitudes observées (moyennes des observations faites à chaque retour) sont représentées de la manière suivante :

Dates.	Latitudes observées.	Obs. — Calc.
1860 + 218,55 j	− 25,86 °	− 0,11 °
246,99.	− 23,72	+ 0,20
276,47.	− 25,37	− 0,18
303,81.	− 27,72	+ 0,22
332,99.	− 25,10	− 0,13

On en déduit, pour l'expression de la longitude,

$$C - 0^\circ,3775(t - 302^j,9) + \left(-1^\circ,186 + \frac{A}{\cos 25^\circ}\right) \sin 3^\circ,358(t - 302^j,9).$$

» Comme l'incertitude de la valeur que j'ai assignée à la constante n de la rotation solaire peut être ici sensible, je comprendrai le coefficient

de $t-\theta$ au nombre des inconnues en le désignant par μ; on aura ainsi les équations normales déduites de l'ensemble des observations :

				Long. obs.	Obs. — Calc.	
$1\,C - 34,35\mu$		$+0,973$	$\left(-1^\circ,86 + \frac{A}{\cos 25^\circ}\right)$	$= 250^\circ,14$	$-0^\circ,02$	
1	$-55,91$	$+0,134$	»	239,08	+0,08	
1	$-26,43$	$+1,000$	»	227,69	−0,32	
1	$+0,91$	$-0,052$	»	215,10	+0,64	(*)
1	$+29,09$	$-0,991$	»	200,40	−0,33	

d'où $\mu = -0^\circ,4354$, ce qui indique une légère augmentation de la valeur admise pour n (1), et

$$-1^\circ,186 + \frac{A}{\cos 25^\circ} = -1^\circ,55 \quad \text{d'où} \quad A = -0^\circ,32.$$

Ainsi, la tache étant rapportée au méridien mobile dont la longitude est

$$C + (14^\circ,1843 - 0^\circ,4354)(t - 302^j,9) - 1^\circ,186 \sin 3^\circ,358\,(t - 302^j,9),$$

ses coordonnées seront

En longitude......... $-0^\circ,32 \sin 3^\circ,358(t - 302^j,9)$
En latitude........... $-2^\circ,00 \sin 3^\circ,358(t - 302^j,9)$

» C'est encore une ellipse ayant pour axe $0^\circ,64$ et 4 degrés; elle est parcourue par la tache en sens rétrograde, car, celle-ci partant à l'instant $t = 302^j,9$ de l'extrémité australe de l'axe perpendiculaire à l'équateur, la longitude va en croissant négativement.

3° *Tache australe observée du* 16 *janvier au* 1er *août* 1860.

» C'est la plus étonnante par sa longue durée comprenant huit rotations; mais elle n'a été observée, à cause du mauvais temps, qu'à six apparitions. Elle m'a donné, en 1866 (*Comptes rendus*, t. LXII, p. 118),

$$\text{lat.} = -11^\circ,68 - 1^\circ,12 \cos 2^\circ,3(t - 164^j),$$

et l'on peut voir au volume cité avec quelle précision sont représentées les vingt-quatre observations de latitude. On en déduit

$$\text{long} = C + 0^\circ,0015(t - 164^j) + \left(-0^\circ,506 + \frac{A}{\cos 12^\circ}\right) \sin 2^\circ,3(t + 164^j).$$

» A l'aide des observations réparties dans ces six apparitions, on a formé les équations normales.

(*) Cette tache présente quelques observations discordantes à la fin (en longitude seulement), ce qui explique les erreurs trop fortes que laisse ici la théorie.

Dates, 1860.					Calc.-Obs.
$+15^{j},5$	$1\,C-148,5\mu$	$+0,32$	$\left(-0^{\circ},506+\dfrac{A}{\cos 12^{\circ}}\right)$	$=21^{\circ},73$	$-0^{\circ},03$
72,4	$1-91,6$	$+0,51$	»	20,64	$+0,05$
125,5	$1-38,5$	$-1,00$	»	21,56	$-0,09$
156,4	$1-7,6$	$-0,30$	»	20,20	$+0,11$
184,6	$1+20,6$	$+0,74$	»	18,79	$+0,06$
206,6	$1+42,6$	$+0,99$	»	18,38	$-0,08$

» On en tire

$$C = 10^{\circ},90 = \text{long.} \quad \text{pour} \quad t = 1860 + 164^{j} \quad \text{et} \quad \mu = -0^{\circ},0143,$$

ce qui indique, comme tout à l'heure, qu'il faut augmenter un peu la valeur $2^{\circ},622$ adoptée pour la constante n, et enfin

$$-0^{\circ},506 + \frac{A}{\cos 12^{\circ}} = -1^{\circ},02, \quad \text{d'où} \quad A = -0^{\circ},51.$$

» Ainsi cette tache rapportée au méridien mobile, dont la longitude est

$$19^{\circ},90 + (14^{\circ},1843 - 0^{\circ},0143)(t-164) - 0^{\circ},506 \sin 2^{\circ},3(t-164^{j}),$$

a pour coordonnées

En longitude............ $-0^{\circ},51 \sin 2^{\circ},3(t-164^{j})$,

En latitude............. $-1^{\circ},12 \cos 2^{\circ},3(t-164^{j})$.

Elle décrit donc réellement une ellipse dont les axes sont $1^{\circ},02$ et $2^{\circ},24$; dans un sens rétrograde, puisque, en partant de l'extrémité australe du grand axe perpendiculaire à l'équateur, sa longitude, nulle à ce moment, prend avec le temps des valeurs négatives.

» Ici tout se trouve réuni, durée exceptionnelle de plus de six mois et représentation très-exacte des observations.

Conclusion.

» Des trois taches les plus longuement observées sur l'un et l'autre hémisphère, nous avons tiré

Durée de la tache.	Latitude.	Oscillation elliptique. Grand axe.	Petit axe.	Période.	Sens du mouvement.	Hémisphère.
3 mois.....	$+8^{\circ}$	$3^{\circ},4$	$2^{\circ},7$	134^{j}	direct.	boréal.
4 mois.....	-25	4,0	0,6	107	rétrogr.	austral.
6 mois.....	-12	2,2	1,0	157	rétrogr.	austral.

» Ainsi *les taches de longue durée décrivent sensiblement autour de leur position moyenne de petites ellipses dont le grand axe est perpendiculaire à l'équa-*

teur. Le sens de ce mouvement très-lent est identique, sur les deux hémisphères, à celui de la gyration propre des taches.

» Évidemment l'oscillation en longitude est plus difficile à déterminer exactement que l'oscillation en latitude, parce qu'il intervient alors une indéterminée de plus, savoir : le moment diurne, dû à la rotation toute spéciale de la photosphère. Néanmoins, et tout en tenant compte de l'influence possible d'un très-petit nombre d'observations discordantes, l'accord de ces trois taches de si longue durée ne laisse pas de doute sur cette conclusion.

» J'ai cherché à expliquer ce mouvement elliptique des taches en le rapportant à un mouvement conique de l'axe du cyclone analogue à celui d'une toupie.

» Il existe, en effet, des causes qui semblent devoir donner lieu à un mouvement de ce genre, tout en le modifiant dans le sens des parallèles; et j'ajoute que l'ensemble des faits ne permet guère de tenter une autre voie. Mais ces indications ont plutôt pour but de montrer l'intérêt du problème et d'en faire espérer la solution que de prétendre la donner dès maintenant. Il faudrait, pour nous mieux mettre sur la voie, des observations encore meilleures et plus suivies que celles de M. Carrington : c'est à la Photographie seule qu'il faudra les demander et à un ciel plus favorable que celui de Londres. »

CHIMIE. — *De l'action de l'effluve électrique sur un mélange à volumes égaux d'acide carbonique et de protocarbure d'hydrogène;* par MM. **P. Thenard** et **Arn. Thenard**.

« Le gaz, tel qu'on le retire des marais, est surtout un mélange de protocarbure d'hydrogène et d'acide carbonique. Quant au rapport exact des deux gaz, il est sans doute variable; mais, si les souvenirs déjà bien anciens de l'un de nous ne le trompent pas, les deux gaz sont à peu près dans la même proportion.

» Or si, par la pensée, on fait la somme des éléments d'un tel mélange, on arrive à la reconstitution de la molécule organique, dont le terme le moins élevé serait représenté par 2 de charbon, 2 d'hydrogène et 2 d'oxygène, c'est-à-dire dans un rapport qui se rencontre souvent dans les produits de la végétation.

» Mais comment réunir des éléments ainsi dissociés par la putréfaction?

» L'an dernier, l'un de nous a fait voir que l'acide carbonique se dépar-

tageait sous l'influence de l'effluve électrique en oxyde de carbone et oxygène, et que, si faible qu'elle fût, l'oxygène ainsi isolé avait une tendance à l'ozonification, c'est-à-dire à un état qui favorise sa combinaison instantanée avec nombre de corps oxydables.

» Le protocarbure d'hydrogène est-il un de ces corps ; et, s'il en est ainsi, n'y avait-il pas lieu de se demander ce que deviendrait l'oxyde de carbone, quand à l'oxygène on substituerait l'acide carbonique? L'oxyde de carbone qui en dériverait ne se combinerait-il pas aussi lui-même, et le type $C^2H^2O^2$, ou l'un de ses multiples, ne se formerait-il pas ?

» Telles sont les vues qui nous ont dirigés dans l'expérience que nous allons décrire.

» A un tube à effluve placé horizontalement on a soudé dans la position verticale deux petites cloches de 12 centimètres cubes dont on a plongé l'ouverture inférieure dans un bain de mercure; l'air contenu dans ces cloches et le canal qui les réunissait ayant alors été balayé par un mélange à volumes égaux d'acide carbonique et de protocarbure d'hydrogène, on a donné l'effluve.

» Or, au bout de dix minutes et sans qu'il y ait eu apparence de dilatation, la condensation des gaz était déjà sensible, et au bout de six heures, sauf le mince volume compris dans le canal à effluve, elle était complète. Les cloches ayant été ainsi remplies huit fois consécutivement, le mélange gazeux s'est toujours condensé, et la condensation qui continue à être complète, loin de se ralentir, s'accélère au contraire jusqu'ici.

» Quant au produit, c'est un liquide visqueux très-limpide, qui reste attaché en gouttelettes aux parois du canal soumis à l'effluve, et qui avec le temps prend une teinte légèrement ambrée.

» Comme contre-épreuve, nous avons soumis le même mélange gazeux à l'étincelle électrique. Alors, comme on devait s'y attendre, le phénomène a diamétralement changé : les gaz se sont aussitôt dilatés, et au bout d'une heure, en opérant sur 60 centimètres cubes, leur volume a varié de 2 à $3^v,5$ en même temps qu'il s'est déposé une quantité de charbon nullement négligeable et provenant de la décomposition du protocarbure et non de l'oxyde de carbure formé, ce qui, comme l'un de nous l'a démontré en d'autres temps, aurait eu lieu si l'on eût trop prolongé l'expérience, tout en maintenant les gaz dans un état de siccité suffisant.

» Cependant il ne faudrait pas croire que tout le charbon du protocarbure se soit déposé; car, dans ce cas, le volume n'eût pas varié, et s'il ne s'en était pas déposé du tout, il eût doublé de volume.

» L'action de l'étincelle diffère donc entièrement dans cette expérience de celle de l'effluve, non-seulement dans sa marche générale, mais dans ses moindres détails : l'une détruit et l'autre reconstitue.

» Mais que reconstitue-t-elle? C'est ce que nous ne pouvons encore dire.

» Pour le soupçonner, il eût fallu briser le tube à effluve et mettre fin à une expérience qui marche bien et dont il est curieux d'attendre le terme; d'ailleurs, en faisant ce sacrifice prématuré, nous aurions à peine recueilli plus de 240 milligrammes d'une matière peut-être délicate à déterminer, ce qui eût rendu ce sacrifice inutile.

» La lecture d'aujourd'hui n'est donc en quelque sorte qu'une prise de date; nous allons essayer de construire des appareils plus propices, et alors, tout en approfondissant la réaction que nous venons de signaler, nous en étendrons le cercle à d'autres substances. »

M. **Dumas**, que son confrère M. Thenard a bien voulu rendre témoin de l'expérience qu'il vient de décrire et qui en a reconnu avec lui les résultats essentiels, disparition complète du gaz employé et formation d'un liquide incolore et visqueux, est demeuré convaincu que l'électricité, sous cette forme d'effluves sans chaleur apparente, constitue une force nouvelle. Mise à la disposition des chimistes, elle semble spécialement propre à déterminer la combinaison des divers gaz entre eux, par le même procédé à l'aide duquel elle unit l'oxygène à l'oxygène pour former l'ozone.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la nature et l'origine des taches solaires;* Lettre du P. **Secchi** à M. le Secrétaire perpétuel.

« Rome, ce 21 février 1873.

» Les idées que j'ai émises dans ma dernière Communication (1) sur l'origine des taches ont été longuement combattues par M. Faye, comme je m'y attendais. Je le remercie de les avoir prises en considération, et puisque ce célèbre savant m'invite lui-même à continuer la discussion et à donner plus de développement à la question, je demande à l'Académie la permission de le faire. J'espère démontrer que les faits constatés par les astronomes ne contredisent pas ma théorie, mais la confirment, pourvu qu'on fasse les distinctions convenables.

(1) *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 250.

» Je vais chercher à résoudre successivement les questions fondamentales suivantes :

» I. A quelle cause immédiate doit-on attribuer l'obscurité des taches?

» II. Comment sont-elles produites?

» III. Quelle est leur structure, lorsqu'elles sont formées?

» La question de savoir si les taches sont des tourbillons ou non n'est que secondaire dans ma théorie, et c'est pourquoi j'avais dit (1) : *En tout cas, même en admettant ces tourbillons, il faudrait toujours trouver une cause déterminante, laquelle ne peut être qu'une éruption*. Mais, sans les distinctions que je viens d'indiquer, toute théorie devient impossible; discutons donc à fond ces questions partielles.

» I. Quelle est la cause immédiate de l'obscurité des taches? La réponse à cette question ne peut être douteuse. Le spectroscope a démontré que, dans les taches, il y a des amas de vapeurs absorbantes métalliques, et surtout des vapeurs de sodium, de fer, de calcium, de magnésium et d'autres matières qui produisent des bandes mal définies. J'ai démontré tout cela dans plusieurs Communications adressées à l'Académie en 1869 (2); j'ai établi que les raies métalliques se gonflaient, devenaient diffuses et plus larges; que celles de l'hydrogène, au contraire, se rétrécissaient, disparaissaient, parfois même se renversaient.

» Cela admis, se présente naturellement la deuxième question.

» II. D'où viennent ces vapeurs métalliques? Ma réponse a été qu'elles sont produites par des éruptions. Une étude soutenue, depuis le jour où l'Europe a pu connaître la mémorable découverte de M. Janssen, jusqu'à présent, m'a toujours montré que les protubérances sont prédominantes sur les facules; que, dans la région des taches, les grandes protubérances se trouvent à coup sûr sur les facules les plus vives, et les taches paraissent ensuite (3); que, comme les taches sont environnées des facules, elles sont aussi couronnées de protubérances, au point que celles-ci forment une espèce de cratère autour des taches (4); que les raies hydrogéniques apparaissent renversées à l'intérieur même du disque sur ce cratère, jusqu'aux noyaux des taches; que, sur ces facules, on distingue souvent l'éruption

---

(1) *Comptes rendus*, p. 255, ligne 4.

(2) *Comptes rendus*, t. LXVIII; p. 237, 960, 961; p. 1084, ligne 8; p. 1091, etc.

(3) *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 1083, ligne 12; p. 1082, ligne 6, en remontant; *Atti dell' Ac. de' Lincei*, 6 giugno, 1869, n° 3, 4, 5, 6, etc.

(4) *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 1082; *Memorie della Soc. ital.*, vol. 1, déposé le 29 novembre 1869, sur les observations de mai 1869.

d'autres métaux (1); que, bien souvent, les éruptions sont visibles dans le milieu même des taches, et même sur les ponts. Enfin, le 24 avril (2), je communiquai à l'Académie les principes de l'explication même que j'ai présentée dernièrement, en y faisant cependant cette fois quelques modifications. Tout cela (il est bon de le rappeler) a été établi avant qu'on introduisît l'usage de la fente élargie, et avant que M. Respighi commençât ses observations.

» La méthode de la fente élargie n'a fait que donner un moyen plus expéditif et plus sûr pour établir une relation entre les deux phénomènes des taches et des éruptions, et j'en ai largement profité. Mais ces nouvelles recherches firent naître des difficultés qui semblèrent détruire toute ma théorie antérieure. 1° On voyait bien que les taches succédaient aux éruptions, mais on remarquait qu'un grand nombre de protubérances se présentaient là où n'apparaissaient pas de taches; enfin on avait des taches sans protubérances ni éruptions. 2° On distinguait directement, sur le noyau des taches, les protubérances et les éruptions. On nous demanda alors, comme le fait aujourd'hui M. Faye, *comment la flamne d'une éruption, qui va trouer la photosphère, ne passe pas par ces trous, mais aux environs* (3). Ces difficultés sont spécieuses; je crois les avoir bien comprises et présentées dans toute leur force, mais elles ne sont pas difficiles à résoudre, à l'aide des dernières découvertes.

» Premièrement il ne faut pas se préoccuper uniquement de la hauteur des protubérances; il faut aussi examiner leur composition chimique. Cette distinction est essentielle; j'ai reconnu qu'il faut séparer, à ce point de vue, les éruptions en deux classes : les unes contiennent l'hydrogène et la substance D_3 seulement; les autres contiennent des métaux. J'ai signalé cette distinction dans ma Communication; M. Faye ne paraît pas en avoir apprécié l'importance : c'est cependant la clef qui permet de résoudre toutes les difficultés proposées.

» Les protubérances très-élevées qu'on observe sur le contour des noyaux sont généralement hydrogéniques; elles s'épanouissent à une grande distance : elles ne peuvent pas former la tache, ni contribuer à son obscurité. En effet, partout où ce gaz est assez incandescent, ses raies noires sont amincies, disparaissent, et même se renversent et deviennent brillantes. La

(1) *Comptes rendus*, *Mém. cit.*, *passim.*; t. LXIX, p. 591, observations d'avril 1869.
(2) *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 1084.
(3) *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 304, ligne 18.

raison en est très-simple : ce gaz, s'élevant au-dessus de la couche plus dense de la chromosphère, ne laisse plus au-dessus de lui une couche capable d'en renverser les raies; s'il est assez incandescent, il brille d'une lumière directe; il ne doit donc pas produire une tache, mais bien plutôt une facule; et en effet ces protubérances sont plus vives là où il y a des facules. Nous voyons en effet souvent, vers 45 degrés de latitude héliographique, des protubérances immenses, et cependant on n'y distingue aucune tache, mais plutôt des facules : ainsi s'explique comment des éruptions peuvent avoir lieu sans que les taches apparaissent.

» Arrivons aux éruptions contenant des métaux. Celles-ci peuvent produire soit la tache, soit la facule. Elles produiront la facule lorsqu'elles se soulèveront au-dessus de la couche absorbante de vapeurs qui produit les raies noires de Fraunhofer, car alors les jets peuvent briller d'une lumière directe; c'est ce que l'on constate facilement au bord; mais on l'a observé plusieurs fois aussi même sur le disque, dans les taches et surtout sur les ponts, pour les métaux plus légers, sodium et magnésium. Plus habituellement l'éruption métallique produira la tache, et cela pourra arriver de deux manières : d'abord dans le cas de grandes éruptions et de jets très-élevés, dans lesquels la matière soulevée se refroidit, et, en retombant, forme une couche absorbante qui, s'interposant entre l'observateur et la photosphère, doit produire les effets d'absorption que nous avons indiqués ci-dessus. Cette masse flotte, totalement ou partiellement ensevelie dans la photosphère, et produit l'effet d'une cavité. Comme les jets sont ordinairement obliques, la matière retombe souvent à deux ou trois degrés héliographiques de distance; on conçoit donc facilement comment la masse qui produit la tache ne revient pas sur le trou d'éruption. De plus (et cela est remarquable) ces jets sont rarement isolés ; ils sont accouplés, souvent de directions convergentes, comme des fontaines qui se déverseraient dans un même bassin (*voir* mes nombreux dessins publiés), et alors on comprend comment, au centre de la région occupée par ces orifices, il doit se produire une masse dense et absorbante, environnée d'éruptions. Il n'est pas facile d'expliquer cette multiplicité des jets, d'ailleurs très-fréquente, mais c'est là un fait donné par l'observation, il faut donc bien l'accepter tel quel. Un magnifique exemple s'est présenté le 7 février dernier : un grand nombre de jets s'élançaient tout autour d'un centre, vers lequel ils convergeaient; le jour suivant, il apparut une tache ayant plusieurs noyaux. (Les dessins seront publiés dans les *Mémoires de la Société spectroscopique*.) Ces masses

sont irrégulières pendant l'éruption, mais peu à peu elles arrivent à former une figure arrondie, d'où les taches nucléaires (1).

» Ici donc, il n'y a aucune nécessité que la tache soit concentrique à l'orifice. De plus, cette masse peut être transportée loin de l'orifice par des courants, comme il arrive pour nos volcans terrestres. C'est pour cela que je n'ai pas dit, comme paraît le supposer M. Faye, *que la tache est une éruption;* mais j'ai dit au contraire (2) QUE LES TACHES SONT PRODUITES PAR LES ÉRUPTIONS, ce qui est bien différent. La tache est formée, selon moi, par les produits métalliques de l'éruption, qui peuvent être transportés loin de l'orifice d'où ils sont sortis.

» Cependant je ne refuse pas d'admettre que, dans un grand nombre de cas, la tache peut bien rester précisément sur le centre même d'éruption. Telle est l'opinion de M. Tacchini, et celle que j'avais admise moi-même d'abord; mais j'ai vu ensuite que, dans plusieurs cas, elle n'est pas d'accord avec l'observation. Il peut parfois en être ainsi, surtout lorsque l'éruption est faible, et qu'elle se borne à ces petites flammes droites, roides et très-brillantes, mais basses, qui ont frappé tous les observateurs, et qui ont été signalées comme précédant les taches (3); mais les observateurs n'ont pas fait assez attention à leur nature chimique. Ces petites flammes sont presque toujours métalliques et peuvent bien donner naissance à une tache sur la place même de l'éruption; car les vapeurs, après s'être soulevées, doivent se refroidir rapidement et devenir absorbantes, et, comme elles ne forment pas de paraboles gigantesques, elles peuvent produire alors le nuage ou l'amas absorbant qui constitue la tache. En effet, les raies directes que nous trouvons dans ces flammes sont celles que nous voyons renversées dans les taches. De plus, en tenant compte du temps que l'éruption doit employer pour entrer dans l'intérieur du disque, le jour suivant, on trouve que la tache correspond réellement à l'éruption; c'est une remarque qui a été confirmée également par M. Spœrer.

» Mais, dans ce cas, peut-on dire encore, comment expliquer l'excentricité des jets environnant la tache? Rien de plus simple : d'abord ces jets sont de l'hydrogène et non des métaux, et il est facile de comprendre que,

---

(1) *Voir*, aux *Comptes rendus*, ma Communication de septembre; *voir* aussi l'ouvrage *le Soleil*.

(2) Page 233, ligne 23.

(3) *Voir* les Notes de M. Respighi, et dernièrement M. Spœrer (*Astronomische Nachrichten*, n° 1919), Tacchini (*Bulletino di Palermo*).

dans les points qui émettent des métaux, l'hydrogène sorte en plus faible quantité; la couche métallique, plus dense, doit donc offrir une résistance qui oblige l'hydrogène à sortir latéralement; précisément comme, dans nos volcans, les jets des éruptions sont détournés par la présence du nuage de cendres formé par une éruption antérieure. C'est ainsi que l'on peut expliquer les jets latéraux et très-divergents qu'on observe quelquefois, et que j'ai vus surtout dans la mémorable éruption du 7 juillet 1872 (1). Je ne crois pas que M. Faye veuille attribuer ces formes à un obstacle solide; mais on conçoit que le nuage formé au-dessus du centre d'éruption, par les vapeurs métalliques, puisse produire cette déviation de l'éruption d'hydrogène. Si celle-ci trouve une ouverture, même au centre, elle peut alors s'échapper par là, et produire ainsi ces jets que j'ai figurés et qui sont si remarquables (2).

» De plus, il faut remarquer que les émissions métalliques sont intermittentes, et que l'hydrogène se dissipe rapidement dans l'atmosphère solaire : la partie centrale de l'éruption reste donc bientôt dépouillée de son hydrogène, pendant que ce gaz continue encore à sortir tout autour de la masse centrale. On voit donc que le phénomène n'est pas impossible à comprendre, bien qu'il ne soit pas aussi simple qu'on pourrait le croire.

» Toutes ces distinctions sont indispensables : je ne les avais point faites dans ma Communication précédente, afin d'être court, et l'on a trouvé une grande difficulté à me comprendre. On m'a même attribué cette opinion, que le trou d'éruption serait toujours correspondant à la tache, et cependant j'avais écrit (page 254, ligne 17) : *L'observation prouve que les jets les plus vifs se présentent au bord;* et, dans une publication antérieure, j'ai dit *qu'ils paraissent même précéder les taches* (3).

» Ayant ainsi, au moins je l'espère, répondu aux premières objections, il me sera facile de répondre à cette autre, que les taches ne sont pas toujours accompagnées de protubérances; car, si elles sont formées de matériaux d'éruption, ceux-ci pourront subsister longtemps après l'éruption elle-même : je n'ai pas à répéter ici ce que j'ai dit ailleurs.

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 319, *fig.* H, et *fig.* I. *Voir* aussi *Memorie degli spettrocopisti*.

(2) *Fig.* I. (*Comptes rendus*) et *Memorie degli spettrocopisti*.

(3) On me pardonnera de ne pas indiquer le lieu précis de cette citation; dans tant d'articles que j'ai publiés, il m'est difficile de la retrouver. Cette difficulté explique aussi celle qu'on rencontre quelquefois pour faire droit à toutes les priorités de publication, la même idée se présentant simultanément à plusieurs personnes.

» III. J'arrive maintenant à la dernière question : quelle est la structure des taches? J'ai déjà dit que les taches spirales sont rares, et je le maintiens. M. Faye insiste beaucoup sur les lois de la circulation de la photosphère solaire, lois qu'il a si savamment déduites des observations de M. Carrington. Je suis bien loin de contester les résultats du savant astronome, mais je pense qu'ils ne dispensent pas d'avoir toujours égard aux faits observés; d'ailleurs on ne peut admettre pour toutes les taches cette origine ni cette circulation cyclonique. M. Faye dit qu'elle peut se produire dans le centre de l'ombre sans arriver au contour de la pénombre; je répondrai que, comme observateur, je ne puis garantir que ce que je vois, et j'ajouterai que l'on constate souvent, à l'intérieur des taches, des langues, des ponts et des appendices brillants, qui ne donnent aucun signe de rotation et qui devraient cependant en donner, car M. Faye dit que la rotation doit être très-vive pour empêcher la tache de se dissiper (p. 309, ligne 20).

» J'ai dit encore que, en admettant cette circulation, elle *ne pourrait avoir une grande influence*. Pour montrer que c'est là une erreur, M. Faye calcule la différence de vitesse entre deux parallèles éloignées d'un seul degré, et la trouve suffisante pour produire un ouragan. J'admets cela, mais je ferai observer que les éruptions lancent *visiblement* la matière à deux, trois et quelquefois cinq degrés de distance, de sorte que cette cause aurait autant et plus d'influence que l'autre : la vitesse de projection doit être prodigieuse, pour faire franchir à la matière, en quelques minutes, ces espaces énormes. Nul doute que ces éruptions puissent produire des taches spirales; mais, quant à la différence de transport due à la circulation comme l'admet M. Faye, je me permettrai d'observer qu'il ne suffit pas de calculer la différence de vitesse entre les deux parallèles, et qu'il faut encore tenir compte du temps dans lequel cet intervalle est franchi. Ainsi, même sur la terre, le transport d'une masse atmosphérique à une distance de 10 ou 20 degrés, dans un temps très-court, pourrait produire un épouvantable ouragan; si, au contraire, cette translation se fait lentement, comme celle qui se produit habituellement par les alizés, il en sera tout autrement.

» Or, d'après ma longue expérience, quoique les mouvements dans le Soleil soient énormes, il me paraît que la vitesse avec laquelle les courants périphériques se précipitent vers le centre, dans les taches arrivées à une certaine régularité, n'est pas très-grande. Ces taches emploient quelquefois des semaines à se former. Les rayons qui forment les pénombres conservent des longueurs assez constantes pendant des journées entières; on

les voit rebroussés et arrondis à leur sommet, comme s'ils rencontraient une résistance pour pénétrer dans la partie sombre, occupée par les vapeurs métalliques. Il me paraît difficile de concilier ces particularités avec une rotation *très-vive*, surtout dans les taches nucléaires qui sont les plus persistantes.

» Pour moi, tout en admettant les mouvements constatés par M. Faye, il me paraît plus probable que la masse sombre flotte et participe à la circulation propre d'une masse bien plus étendue que celle de la tache et qui doit comprendre, non-seulement la partie sombre, mais la couronne des facules qui l'environne à une distance considérable. Quant à la nécessité de cette rotation pour l'apparition de la tache, c'est une conséquence des hypothèses établies par M. Zöllner, et il n'y a rien là qui constitue une démonstration directe : cette conséquence découle sans doute de l'hypothèse d'une photosphère très-mince, traînant sur un noyau solide ou liquide, hypothèse qu'on ne saurait admettre.

» Je passe aux objections tirées des recherches de M. Lockyer, et de l'opinion des astronomes anglais. Selon eux, les taches sont des régions dans lesquelles la matière va s'engouffrer, avec un *down-rush* constaté, dit-on, par les observations spectrales de M. Lockyer. L'autorité de ce savant est incontestable, et j'admets qu'il en est ainsi; mais on peut facilement expliquer ce phénomène dans ma théorie. Si nous parlons de la première période de la tache, il s'y produit des mouvements en tous sens, savoir l'éruption et la descente de la masse lancée, et souvent des tourbillons à axe horizontal sont très-prononcés; il doit donc être facile de constater alors cette descente, ce *down-rush*. Mais je ne sais pas si le spectroscope l'a constaté dans les taches tranquilles : je n'y ai pas réussi. Cependant une descente de la matière lumineuse doit s'y produire, et accompagner ces courants qui constituent la pénombre et convergent au centre de la tache; une certaine force aspiratrice doit même y être engendrée par la montée des gaz qui sortent des orifices. Pour bien apprécier les observations de M. Lockyer, il faudrait connaître tous les détails de ses observations; mais ces phénomènes ne peuvent apporter une difficulté sérieuse à ma théorie, car (il est bon de le répéter) je ne considère pas les taches comme constituant les éruptions, mais comme formées par les produits de ces éruptions. Les taches ayant deux périodes, l'une de formation, l'autre de dissolution, et bien souvent une troisième période de renouvellement, il sera facile de vérifier dans leurs détails les phénomènes observés par M. Lockyer.

» Quant aux causes déterminantes des éruptions, j'avoue avec M. Faye qu'il règne encore sur ce point une grande obscurité; mais nous ne savons pas non plus quelle peut être (en dehors des éruptions) la cause déterminante des tourbillons; même pour ceux-ci, il faut bien trouver, outre la rotation solaire, une cause perturbatrice que M. Faye n'indique pas.

» Tels sont les développements principaux que j'ai cru devoir donner, comme complément à ma dernière Communication. Je ne me fais pas l'illusion de croire que j'arriverai à obtenir l'assentiment unanime des astronomes, mais j'aurai tout au moins exposé un peu plus complétement mes idées.

» J'ajouterai seulement que, depuis ma dernière Communication, j'ai observé déjà quatre autres cas d'éruptions métalliques, suivies de taches, et que le nombre des observations de ce genre excède déjà une centaine. Une théorie quelconque devra mettre tous ces phénomènes d'accord : je crois que celle que j'ai émise satisfait assez bien à l'ensemble des faits connus. Nous la rejetterons si elle ne s'accorde pas avec les observations que l'on fera dans l'avenir. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Membre qui remplira, dans la Section de Physique, la place laissée vacante par le décès de M. *Duhamel*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 60,

M. Berthelot obtient	33	suffrages.
M. Desains.	23	»
M. Le Roux.	4	»

M. Berthelot, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission qui sera chargée de juger le Concours du prix Trémont pour 1872.

MM. Dumas, Élie de Beaumont, Morin, Phillips, Milne Edwards réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Boussingault, Bertrand, Tresca, de Quatrefages, Chevreul.

RAPPORTS.

MÉCANIQUE. — *Rapport sur un Mémoire de M.* Kretz, *ayant pour titre : « De l'élasticité dans les machines en mouvement. »*

(Commissaires : MM. Bonnet, Yvon Villarceau et Phillips, rapporteur.)

« Le Mémoire dont nous avons à rendre compte à l'Académie est particulièrement consacré à l'étude de l'influence exercée par l'élasticité des courroies sans fin : d'une part, sur les rapports des vitesses angulaires des arbres tournants, et, d'autre part, sur leurs actions mutuelles. Ces recherches sont basées sur les lois relatives à l'élasticité et à la résistance des courroies, telles qu'elles résultent d'expériences faites par M. Kretz lui-même, il y a environ douze ans (*).

» Il résulte de ces expériences que, quand une courroie a été préalablement *fatiguée*, c'est-à-dire chargée et déchargée alternativement un très-grand nombre de fois, ou bien qu'elle a été maintenue pendant plusieurs jours à une certaine tension T et qu'elle est ensuite soumise à des charges inférieures à T, ses allongements proportionnels varient sensiblement dans le même rapport que ces charges. Les observations de l'auteur l'ont conduit à admettre le nombre de 0,07 comme représentant, en moyenne, cet allongement proportionnel correspondant à un effort de 1 kilogramme par millimètre carré de la section transversale de la courroie.

» M. Kretz s'appuie aussi, dans son travail, sur la formule connue qui lie les tensions des deux brins d'une courroie au moment où elle est sur le point de glisser sur la poulie, formule dont l'idée première appartient à Bélidor et qui a été mise sous sa forme habituelle par Navier (**). La loi qu'elle représente a été l'objet de vérifications expérimentales précises de la part du général Morin (***), qui en a conclu les coefficients de frottement des courroies sur des poulies en fonte et sur des tambours en bois. Cette formule est

$$T = T_1 e^{f\theta}, \tag{1}$$

(*) *Introduction à la Mécanique industrielle*, par Poncelet, publiée et annotée par M. Kretz; 1870.

(**) *Architecture hydraulique de Bélidor*, annotée par Navier; 1819.

(***) Expériences faites par M. Morin, à Metz, en 1834, sur le frottement des axes de rotation, ainsi que sur la variation de tension et le frottement des courroies sans fin.

où T est la tension du brin conducteur, T_1 celle du brin conduit, e la base des logarithmes népériens, f le coefficient de frottement, et θ l'angle exprimé par le rapport de l'arc sous-tendu par la courroie au rayon. On sait, de plus, que, si la tension T est plus petite que $T_1 e^{f\theta}$, il n'y a pas glissement.

» Dans les applications, pour qu'il n'y ait glissement d'ensemble sur aucune des deux poulies, on fait en sorte que T soit un peu inférieur à la valeur du second membre de cette équation, correspondant au plus petit des deux angles θ.

» Enfin M. Kretz a admis, dans son Mémoire, la loi suivante de répartition des tensions le long de l'arc de chaque poulie embrassé par la courroie :

» Sur chaque poulie, et en raison des allongements de la courroie, il y a glissement à partir du point où s'effectue le déroulement et sur un angle θ' exprimé par le rapport de l'arc sous-tendu au rayon, résultant de l'équation

$$(2) \qquad T = T_1 e^{f\theta'},$$

où T et T_1 sont les tensions respectives du brin menant et du brin mené. A partir de l'extrémité de cet arc jusqu'au point où s'effectue l'enroulement, il n'y a pas de glissement, et la tension y est constante et égale à celle du brin qui aboutit à ce dernier point; de sorte qu'elle est égale à T pour la poulie motrice, et à T_1 pour la poulie menée. Sur la poulie motrice, le glissement, dans l'étendue de l'arc de glissement, a lieu en sens inverse de son mouvement de rotation, et, sur la poulie menée, ce glissement s'effectue dans le sens même de son mouvement de rotation. Enfin la tension en un point quelconque de l'arc de glissement est liée à la tension du brin qui se déroule de la poulie par la formule de forme exponentielle connue.

» Quoique cette loi semblât, pour diverses raisons, plausible *à priori*, votre Commission a cru devoir demander à l'auteur de la démontrer. C'est ce qu'il a fait, en admettant que la tension, en un point quelconque de l'arc embrassé, devait être comprise entre les tensions T et T_1 des deux brins, ce que l'on peut regarder, ainsi que le fait M. Kretz, comme une conséquence de la loi de Navier ou, peut-être plus simplement, comme résultant, pour chaque poulie, du sens des actions tangentielles qu'elle exerce sur la partie correspondante de la courroie. Ajoutons que, par surcroît et à notre demande, M. Kretz a fait disposer un appareil qui met la loi en évidence. Il se compose d'une poulie qu'on peut rendre à volonté menante ou menée, et sur la jante de laquelle passe une bande de caoutchouc vulcanisé, aux

extrémités de laquelle on peut suspendre des poids. Sur cette bande de caoutchouc, substance choisie à cause de son extensibilité, et sur la jante de la poulie, étaient tracées des divisions toutes également espacées. On a pu ainsi constater d'une manière nette l'absence de glissement sur un certain arc à partir du point d'enroulement et l'existence de l'arc de glissement, qui se termine au point où s'effectue le déroulement.

» Il nous a paru utile d'entrer dans les détails qui précèdent afin de bien préciser les principes qui servent de base au Mémoire de M. Kretz.

» Voici maintenant comment l'auteur énonce le problème général qu'il s'est proposé de résoudre :

« Une série d'arbres qui se transmettent le mouvement de l'un à l'autre, à l'aide de roues d'engrenages, de poulies et de courroies, sont sollicités par des forces extérieures supposées connues : trouver les vitesses angulaires des diverses roues et les tensions des organes de transmission, en tenant compte de l'élasticité des courroies, de la torsion des arbres, de la flexion des bras. »

» Nous observerons tout de suite qu'au sujet de l'influence exercée par la torsion des arbres et par la flexion des bras l'auteur ne présente que quelques aperçus généraux qui ne sont suivis d'aucun développement. La question, traitée à ce point de vue, présenterait des difficultés considérables, en raison des forces moléculaires qu'il serait nécessaire de faire intervenir. Nous croyons donc devoir nous borner, dans notre Rapport, à l'étude de l'influence exercée par l'élasticité des courroies.

» Nous pensons aussi devoir rappeler, à cette occasion, que les premières recherches pour déterminer les actions mutuelles de corps tournants communiquant entre eux au moyen d'engrenages sont dues à Coriolis (*), qui a traité le cas simple de deux arbres, mais en indiquant comment la méthode pourrait s'appliquer à un nombre quelconque d'arbres et qui a introduit la notion simple des masses fictives et des forces fictives au moyen de laquelle la considération de ce mouvement se ramène à celle plus simple du mouvement rectiligne. Ces développements ont été donnés ensuite par M. Bélanger dans son Cours de l'École des Ponts et Chaussées.

» M. Kretz traite d'abord, dans son Mémoire, le cas du mouvement régulier. Il appelle ainsi celui dans lequel tous les points ont un mouvement uniforme, et où, en même temps, les tensions de toutes les pièces restent

---

(*) *Traité de la Mécanique des corps solides et du calcul de l'effet des machines*, par Coriolis; 1844.

constantes, et il examine spécialement le cas de deux poulies communiquant ensemble au moyen d'une courroie sans fin.

» Il observe qu'alors le mouvement de la courroie a tous les caractères d'un mouvement permanent, de sorte que la longueur primitive ou naturelle de la portion de courroie, qui traverse dans un temps déterminé quelconque une section transversale, est la même quelle que soit cette section. Se fondant sur ce qu'il n'y a pas glissement au point où s'effectue l'enroulement, et sur ce que la tension du brin conducteur est supérieure à celle du brin conduit, il en conclut immédiatement que, en vertu des allongements de la courroie, celle-ci glisse sur la poulie motrice en sens inverse de son mouvement et sur la poulie menée dans le sens même de la rotation de celle-ci.

» S'appuyant encore sur l'absence de glissement au point où commence l'enroulement, l'auteur en conclut que le rapport de la vitesse angulaire de la poulie conduite à celle de la poulie conductrice est égal au rapport inverse des rayons multiplié par un certain facteur, auquel il donne le nom de coefficient de ralentissement et qui est égal à $\frac{1+\alpha T_1}{1+\alpha T}$, T et T_1 étant les tensions respectives du brin menant et du brin mené, et α le coefficient d'allongement de la courroie, c'est-à-dire son allongement proportionnel sous un effort de 1 kilogramme par millimètre carré, qu'il estime égal en moyenne à 0,07 d'après ses expériences. Il cherche ensuite entre quelles limites peut varier ce coefficient de ralentissement. Son maximum est l'unité, répondant au cas où l'on aurait $T = T_1$. Son minimum a lieu pour la plus grande valeur de T à laquelle correspond la plus petite valeur de T_1. Il conclut aisément de là que, dans le cas habituel où les brins ne sont pas croisés et en admettant comme limite supérieure de l'effort à faire subir aux courroies $\frac{1}{2}$ kilogramme par millimètre carré, la valeur minima du coefficient de ralentissement est 0,98. Enfin il détermine la valeur moyenne de ce coefficient dans la pratique, en supposant que, pour éviter le glissement, on fasse $T = 0,9\,T_1 e^{f\theta}$, θ étant l'angle exprimé par le rapport de l'arc sous-tendu par la courroie sur la plus petite poulie au rayon. Il trouve ainsi que la valeur moyenne de ce coefficient de ralentissement est égale à 0,985.

» On voit par là qu'en établissant les courroies de transmission d'après les règles généralement suivies il se produit un ralentissement, pour la poulie menée, d'environ $1\frac{1}{2}$ tour pour 100. Cet effet peut n'avoir qu'une importance secondaire dans les transmissions simples; mais, lorsqu'on est

obligé de recourir à un grand nombre de transmissions intermédiaires, il peut y avoir des différences très-notables entre les vitesses réelles et celles sur lesquelles on comptait. En effet, pour une suite de transmissions, le coefficient de ralentissement est égal aux puissances successives de 0,985, en sorte que les diminutions des vitesses répondent :

Pour 1 seul renvoi, à environ	....	1,5	tours pour 100.
» 2 » »	....	3,0	»
» 3 » »	....	4,43	»
» 4 » »	....	5,90	»
» 6 » »	....	8,70	»
» 8 » »	....	11,46	»

» M. Kretz a fait un grand nombre d'expériences pour vérifier ces résultats. Il a trouvé en général des ralentissements supérieurs à ceux qui viennent d'être indiqués (environ 2 tours pour 100), ce qui s'explique par cette circonstance que la plupart des courroies employées dans ses expériences étaient d'installation toute récente, auquel cas la valeur de α peut s'élever jusqu'au triple de la valeur adoptée ci-dessus, et la valeur correspondante du coefficient de ralentissement devient 0,973.

» L'auteur a aussi vérifié la formule en faisant varier les tensions d'une même courroie. Il s'est servi, à cet effet, d'une bande de cooutchouc vulcanisé, substance très-extensible, qui permet d'avoir des ralentissements considérables. Cette bande passait sur deux poulies parfaitement égales; un frein placé sur l'un des arbres permettait de faire varier la résistance. Il a pu constater ainsi que les faits étaient en parfaite concordance avec la formule.

» L'étude du mouvement régulier est suivie, dans le Mémoire, de celle du cas général du mouvement varié, et elle débute par l'établissement de plusieurs théorèmes préliminaires.

» En premier lieu, et en se fondant sur la loi de répartition indiquée plus haut, des tensions dans toute l'étendue de l'arc de chaque poulie embrassé par la courroie, M. Kretz obtient la relation exacte qui lie les tensions des deux brins pendant le mouvement avec la tension initiale de la courroie résultant de l'écartement des axes. Il y arrive en exprimant que la longueur primitive de la courroie, à un instant quelconque du mouvement, est la même que celle qui correspond à la tension initiale.

» Cette relation, qui est d'une forme assez compliquée, paraissant à l'auteur du Mémoire l'être trop pour pouvoir servir dans les applications, il s'occupe alors de la remplacer par une relation approchée qui soit d'une

forme plus simple et suffisamment exacte. Il y arrive au moyen de deux hypothèses, qui répondent, il est vrai, à un état fictif, mais qui, en réalité, doivent conduire, le plus souvent, à des résultats peu éloignés de la vérité. La première consiste à admettre que la courroie peut être partagée en deux parties : l'une, tout entière, à la tension T du brin conducteur, et l'autre à la tension T_1 du brin conduit; les extrémités de ces deux parties seraient sensiblement aux milieux des arcs de glissement des deux poulies. La seconde hypothèse consiste à supposer que, pendant la période de mouvement que l'on a à considérer, le coefficient de ralentissement puisse être regardé comme sensiblement constant.

» Dans ces nouvelles conditions, M. Kretz arrive à la relation approchée suivante entre les tensions des deux brins pendant le mouvement :

$$(3) \qquad T_1 + KT = \theta(K + 1),$$

où θ est la tension initiale de la courroie, et K le coefficient de ralentissement. Il fait voir d'ailleurs que l'erreur que l'on pourrait commettre sur l'une ou l'autre des deux tensions T et T_1, en attribuant à K une valeur constante, est toujours inférieure à $0{,}02\theta$.

» Lorsque l'on suppose $K = 1$, la formule (3) devient

$$T + T_1 = 2\theta,$$

qui est l'expression analytique d'un théorème dû au général Poncelet (*), théorème qui a été l'objet, de la part du général Morin (**), d'expériences qui montrent qu'il est toujours très-approximativement vérifié.

» M. Kretz propose de faire $K = 1$, lorsque la courroie transmet un travail très-faible, lequel correspond, à cause de la minime différence entre les tensions des deux brins, à une valeur du coefficient de ralentissement égale sensiblement à l'unité. Lorsque, au contraire, la courroie travaille normalement et transmet le travail pour lequel sa section a été calculée, il sera préférable de donner à K sa valeur moyenne, soit 0,985.

» Un second théorème détermine les longueurs primitives des deux brins, dans lesquels on a partagé la courroie. Un fait remarquable consiste en ce que ces longueurs primitives sont constantes, quelles que soient les deux tensions, pourvu, bien entendu, que le coefficient de ralentissement puisse être regardé comme constant.

(*) *Cours de Mécanique appliquée aux machines*, section III, n° 66.

(**) Expériences faites à Metz en 1834.

» Enfin un troisième théorème donne la relation qui existe entre les vitesses angulaires des deux arbres, pendant le mouvement varié et en tenant compte de la variation des tensions.

» L'auteur étudie ensuite le mouvement de deux arbres communiquant ensemble par une courroie sans fin, lequel dépend de trois équations. Les deux premières résultent de l'application de l'équation des moments à chaque poulie, et la troisième est la relation ci-dessus établie entre les vitesses angulaires des deux arbres, pendant le mouvement varié. Elles contiennent trois inconnues qui sont les deux vitesses angulaires et la tension du brin conducteur, celle du brin conduit étant éliminée au moyen de la formule (3). A l'aide d'une transformation imitée de Coriolis et par l'introduction de masses fictives et d'une tension fictive, ces équations sont eusuite changées en trois autres, par lesquelles la considération du mouvement est ramenée à celle plus simple du mouvement rectiligne de deux masses reliées par une tige élastique de longueur primitive constante, et sollicitées, suivant la direction de cette tige, par deux forces données. Les trois équations dont il s'agit sont trois équations différentielles simultanées du premier ordre.

» L'auteur examine ensuite deux cas particuliers pour lesquels il effectue les intégrations et donne la solution complète.

» Le premier est celui de deux arbres sollicités par des forces extérieures constantes. Dans ce cas, l'élimination conduit, pour la détermination de la tension, à une équation différentielle linéaire du second ordre à coefficients constants. En résumé, l'auteur obtient, pour une époque quelconque, la valeur de la tension ainsi que celles des vitesses angulaires des deux arbres. On remarque que la valeur de la tension se compose d'une première partie qui est constante et d'une seconde partie qui est périodique, et dont la période est égale à $\frac{2\pi}{\sqrt{N}}$, N étant une constante dont la valeur dépend des masses des deux arbres, de la longueur primitive du brin menant et enfin du coefficient d'allongement de la courroie. Quant aux vitesses angulaires, elles se composent : d'une partie constante, d'une deuxième partie, positive ou négative et proportionnelle au temps écoulé depuis l'instant initial, et, enfin, d'une partie périodique, dont la durée de la période est la même que celle indiquée ci-dessus pour la tension.

» En discutant ces formules, M. Kretz en déduit plusieurs conséquences intéressantes. C'est ainsi, par exemple, qu'il fait voir que si, lorsque la marche normale a été établie, l'une ou l'autre des deux forces, mouvante

ou résistante, vient à subir une certaine variation, il y a avantage, sous tous les rapports, à augmenter la masse fictive de l'arbre qui reçoit immédiatement l'action de la force variable. Il montre encore que si, après que la marche normale a été établie, ces deux forces viennent à varier en même temps et reçoivent, par exemple, toutes deux des augmentations qui persistent, pendant un temps assez long, le premier effet de cette modification sera un ralentissement de l'arbre mené et une accélération de l'arbre moteur, quelles que soient du reste les valeurs relatives de ces augmentations.

» L'auteur calcule aussi la tension maxima. A ce sujet, il observe que si, ainsi que cela arrive fréquemment dans les machines, les perturbations sont d'une durée très-petite, on pourra, par un choix convenable des masses, restreindre l'étendue des variations des tensions et empêcher celles-ci d'atteindre leur valeur maxima. On peut en effet par là donner une valeur convenable à N, de manière à augmenter à volonté la durée de la période et la rendre assez longue pour que, au moment où la perturbation cesse, la tension ne soit pas encore arrivée à sa plus grande valeur et diffère aussi peu que l'on voudra de sa valeur moyenne.

» Le second cas particulier examiné par M. Kretz est celui où, les forces extérieures étant constantes, le mouvement de l'arbre moteur est uniforme. On n'a plus dans ce cas que deux inconnues qui sont la tension et la vitesse angulaire de l'arbre mené. La valeur de la tension a encore la même forme que dans le cas précédent. Quant à la vitesse angulaire, elle se compose de deux parties dont l'une est constante et dont l'autre est périodique, la durée de la période étant la même que pour la tension.

» M. Kretz a ensuite généralisé et étendu la méthode qu'il avait donnée pour le cas de deux arbres reliés par une courroie sans fin au cas général d'un nombre quelconque d'arbres communiquant les uns avec les autres au moyen de courroies sans fin. Après avoir établi toutes les équations qui résolvent cette question, il a encore montré comment ces équations peuvent être changées en d'autres au moyen desquelles l'étude du mouvement du système proposé est ramenée à celle plus simple du mouvement d'un autre système composé de masses déterminées, concentrées en divers points d'une droite, réunies par des tiges élastiques de longueur et d'élasticité connues, et sollicitées, suivant la direction de cette droite, par des forces extérieures données.

» En résumé, l'auteur est parvenu, dans une question présentant de grandes difficultés, à des résultats exacts dans les limites auxquelles il était

permis de prétendre, et susceptibles, dans de nombreuses circonstances, d'applications utiles. En conséquence, votre Commission est d'avis que le Mémoire de M. Kretz est très-digne de l'approbation de l'Académie, et elle a l'honneur de vous proposer d'en ordonner l'insertion dans le *Recueil des Savants étrangers*. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Note sur la géographie botanique du Maroc;* par M. E. **Cosson**.

(Renvoi à la Section de Botanique.)

« De toutes les contrées du bassin méditerranéen, la moins connue et la moins accessible, si ce n'est pour quelques points du littoral, est sans contredit le Maroc. Pour établir le catalogue des plantes observées dans cette contrée d'un accès si difficile, j'ai dû d'abord faire le dépouillement des espèces énumérées dans les ouvrages; leur nombre ne dépassait guère 500. L'étude attentive de toutes les plantes recueillies jusqu'en 1870 par les voyageurs (*) à Tanger, Tétuan, Mogador, etc.; dans les montagnes au sud de Tétuan et au sud de la ville de Mogador, et sur les hauts plateaux limitrophes de l'Algérie, m'a permis d'en porter le nombre à 1499. Ce chiffre est évidemment loin du total de la végétation, qui doit dépasser 3600; mais les données acquises sont cependant suffisantes pour fournir des notions exactes sur les éléments constitutifs de la flore, et ce sont ces données que je résumerai dans le tableau synoptique ci-contre et dans les observations qui en seront le complément.

» Le nombre total des espèces et des principales variétés observées au Maroc est de 1499. Sur ce nombre, 1477 ont pu être comprises dans le tableau, bien qu'il n'indique que les affinités géographiques du Maroc avec l'Europe, les diverses contrées du bassin méditerranéen et l'Orient; 22 seulement, en raison de l'aire de leur distribution, n'ont pu y être portées; sur ces 22, 13 sont propres aux Canaries ou à Madère, ou communes à l'Espagne, aux Canaries et aux Açores; les 9 autres ont une aire très-vaste et se rattachent à la végétation tropicale ou intertropicale. Il est à peine besoin de dire que, en raison des limites dans lesquelles le tableau a dû

(*) Schousboe, Broussonnet, Durand, Salzmann, Webb, Goudot, Reuter, MM. Boissier, Lowe, I. Blanche, P. Marès, J. Ball, E. Cosson, Warion, Lagrange, Balausa, Seignette.

Tableau de la distribution des plantes observées au Maroc et de leurs principales affinités de géographie botanique (*).

FAMILLES.	Eur	Méd.	Méd. occ.	Esp. et Port.	It.	Méd. or.	Or.	Or. dés.	Alg.	Alg. et Or.	Esp. et Or.	Alg. et Esp.	Spéc.	Totaux.
Renonculacées	5	12	5	»	»	2	»	»	»	»	»	1	1	26
Papavéracées-Fumariacées	4	3	1	1	»	1	»	»	1	»	»	1	»	12
Crucifères	13	17	6	3	»	1	»	»	7	9	»	6	4	66
Capparidées-Frankéniacées	2	18	9	7	»	»	1	»	4	4	»	8	6	59
Caryophyllées	11	10	4	4	»	»	»	»	1	1	»	9	2	42
Linées-Hypéricinées	5	12	5	3	»	»	»	»	1	»	1	2	»	29
Géraniacées-Térébinthacées	5	17	6	1	»	»	»	»	2	3	»	2	3	39
Légumineuses	16	79	35	15	1	»	1	»	16	3	1	9	16	192
Rosacées-Portulacées	17	10	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	31
Paronychiées-Saxifragées	4	16	3	1	»	1	»	»	3	1	3	3	3	38
Ombellifères	10	17	14	9	»	»	»	»	7	1	»	4	8	70
Araliacées-Dipsacées	10	13	10	2	»	»	»	»	6	1	»	1	1	44
Composées : Corymbifères	9	26	8	2	»	»	»	1	6	7	1	4	7	71
» Corduacées	2	13	12	5	»	»	»	»	5	6	»	6	2	51
» Chicoracées	6	28	7	4	»	»	»	»	5	3	»	4	5	62
Campanulacées-Convolvulacées	15	25	12	3	»	»	»	»	3	»	»	1	2	61
Borraginées	5	11	6	1	»	»	»	»	1	7	»	3	»	34
Solanées	4	4	1	»	»	»	»	»	»	»	»	2	»	11
Scrofularinées-Verbénacées	8	15	5	5	»	»	»	»	9	1	1	8	10	62
Labiées	12	14	12	8	»	»	»	»	10	»	»	6	13	75
Globulariées-Plantaginées	2	15	3	»	»	»	»	»	1	2	»	1	2	26
Salsolacées-Santalacées	17	21	3	2	»	»	»	»	4	4	1	1	1	54
Euphorbiacées-Urticées	6	14	5	2	»	»	»	»	1	2	»	1	2	33
Cupulifères-Conifères	3	6	2	1	»	»	»	»	1	3	»	3	»	19
Alismacées-Asparaginées	8	21	8	4	»	»	»	»	2	3	»	»	1	47
Smilacinées-Joncées	24	29	8	4	»	»	»	»	3	»	»	»	3	71
Cypéracées	11	12	1	»	»	»	»	»	»	2	»	»	1	27
Graminées	28	48	11	3	»	»	»	»	1	9	»	1	1	102
Équisétacées-Characées	10	11	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	23
Totaux	272	537	208	90	1	5	2	1	100	72	8	87	94	1477

(*) Dans ce tableau, les affinités géographiques des plantes du Maroc sont exprimées en tête des colonnes de la manière suivante :

Eur. (Europe). Plantes se retrouvant dans une grande partie de l'Europe, que leur aire soit restreinte à l'Europe ou qu'elle s'étende dans d'autres parties du monde. — Méd. (Région méditerranéenne). Plantes communes à la plupart des contrées du bassin méditerranéen. — Méd. occ. (Région méditerranéenne occidentale). Plantes appartenant à la partie occidentale du bassin méditerranéen. — Esp. et Port. (Espagne et Portugal). Plantes propres à la Péninsule ibérique. — It. (Italie). Plantes qui n'ont encore été observées qu'en Italie, en comprenant sous cette dénomination non-seulement l'Italie proprement dite, mais encore la Sicile, Malte, la Corse et la Sardaigne. — Méd. or. (Région méditerranéenne orientale).

être circonscrit, il ne peut comprendre toutes les contrées où se rencontrent les espèces à dispersion très-large ou cosmopolite. — Si l'on prend le chiffre 100 comme élément de comparaison, on a : *Eur.* 18,13; *Méd.* 35,80; *Méd. occ.* 13,86; *Esp.* et *Port.* 6; *It.* 0,06; *Méd. or.* 0,33; *Or.* 0,13; *Alg.* 6,66; *Or. dés.* 0,06; *Alg.* et *Or.* 4,80; *Esp.* et *Or.* 0,53; *Alg.* et *Esp.* 5,80; *Spéc.* 6,26; plantes non comprises dans le tableau, 1,53. Les affinités du Maroc avec la végétation de l'Europe et celle du bassin méditerranéen sont rendues plus évidentes encore par les sommes suivantes : si l'on fait la somme des espèces appartenant aux diverses parties du bassin méditerranéen, on voit qu'elle s'élève au chiffre de 928, et, en y ajoutant les 272 espèces de l'Europe, on arrive au total de 1200, tandis que les autres éléments de la végétation ne sont représentés que par 299. Les étroites affinités du Maroc avec l'Algérie sont démontrées par le nombre des espèces algériennes qui s'y rencontrent (100), par celui des espèces communes à l'Algérie et à l'Orient (72), par celui des espèces communes à l'Algérie et à l'Espagne (87), et par le nombre des espèces européennes et méditerranéennes qui forment les $\frac{4}{5}$ de la végétation dans les deux pays.

» Le nombre des espèces propres à la partie occidentale du bassin méditerranéen est de 208, chiffre considérable si on le compare à celui offert par la province de Constantine, où, pour un nombre presque égal d'espèces, il n'est que de 124. Si l'on ajoute au chiffre de 208 celui des espèces propres à l'Espagne et au Portugal (90), celui des espèces croissant en Espagne et en Algérie (87) et celui des espèces croissant en Espagne et en Orient (8), on arrive au nombre considérable de 393 : la même somme, pour la province de Constantine, ne serait que de 248. Je dois faire remarquer que le nombre des espèces occidentales est surtout considérable à Tanger, qui, par l'humidité relative de son climat, se rapproche beaucoup de la partie méridionale du Portugal et de la partie austro-occidentale de l'Espagne.

Plantes qui n'ont encore été observées que dans la partie orientale du bassin méditerranéen. — Or. (Orient). Plantes se trouvant en Asie, excepté celles qui doivent être rattachées au groupe suivant. — Or. dés. (Région désertique de l'Orient). Plantes se trouvant dans les déserts de l'Égypte, de l'Arabie, de la Palestine, de la Perse méridionale ou de l'Inde. — Alg. (Algérie). Plantes croissant en Algérie ou en Tunisie. — Alg. et Or. (Algérie et Orient). Plantes existant à la fois en Algérie ou en Tunisie et en Orient, sans avoir été observées sur des points intermédiaires. — Esp. et Or. (Espagne et Orient). Plantes existant à la fois en Espagne et en Orient, sans avoir été observées sur des points intermédiaires, — Alg. et Esp. (Algérie et Espagne). Plantes existant à la fois en Algérie et en Espagne. — Spéc. (Plantes spéciales). Plantes qui n'ont encore été observées qu'au Maroc.

Le petit nombre des espèces de l'Italie (1) et de la partie orientale du bassin méditerranéen (5) est un fait important à noter. Sur les 1432 espèces que j'ai mentionnées dans la province de Constantine, de Philippeville à Biskra (*), le nombre des espèces italiennes était de 37 et celui des espèces de la partie orientale du bassin méditerranéen de 25. Le nombre des espèces orientales (2) et celui des espèces de l'Orient désertique (1) ainsi que celui des espèces communes à l'Algérie et à l'Orient (72) seraient certainement plus considérables si la région des Hauts-Plateaux du Maroc était moins imparfaitement explorée et si la région saharienne n'était encore complétement inconnue (**).

» La présence, aux environs de Mogador, d'un certain nombre de plantes se retrouvant aux Canaries et à Madère, ou se rapprochant des types canariens, démontre d'une manière évidente qu'il existe des affinités entre la flore de la partie méridionale de la côte atlantique du Maroc et celle des îles Canaries, et il est plus que probable que le nombre des espèces communes au continent et à ces îles serait plus grand, si le pays au sud de Mogador, et surtout d'Aguadir, eût été exploré par les botanistes. La végétation des Canaries ne constituerait donc pas un type aussi à part que l'on pouvait le croire avant les explorations récentes; en effet, la flore canarienne se relie assez à celle du continent pour qu'elle ne puisse être considérée comme représentant soit les vestiges d'un continent actuellement réduit au groupe des îles Canaries, soit une flore appartenant à une autre époque géologique que celle du continent lui-même.

» En résumé : 1° Le Maroc offre d'étroites affinités avec la flore de l'Europe et celle du bassin méditerranéen, particulièrement avec les contrées de la partie occidentale de ce bassin, et spécialement le midi du Portugal et le sud-ouest de l'Espagne. 2° Les affinités sont encore plus grandes avec l'Algérie, comme pouvait le faire pressentir la position géographique des deux pays. 3° La rareté, au Maroc, des espèces propres à l'Italie et aux contrées de la partie orientale du bassin méditerranéen, est une preuve que, dans ce pays comme en Algérie, les affinités se produisent dans la région

---

(*) E. Cosson, *Rapport sur un voyage botanique en Algérie, de Philippeville à Biskra* (*Annales des Sciences naturelles*, 4e série, t. IV).

(**) Postérieurement à la rédaction de cette Note, j'ai reçu par l'intermédiaire de M. Beaumier, Consul de France à Mogador, une intéressante collection de plantes recueillies, par un indigène, à Akka, situé au sud de la grande chaîne méridionale de l'Atlas, en pleine région saharienne.

littorale méditerranéenne, surtout selon la longitude avec les parties les plus rapprochées du continent ou des îles de l'Europe, fait qui paraît démontrer que la Méditerranée n'a occupé toute son étendue actuelle que postérieurement à la distribution des êtres telle qu'elle existe à notre époque. Une preuve non moins évidente de la prédominance, dans la région méditerranéenne littorale, des affinités selon la longitude est le nombre des espèces portugaises et espagnoles (83) croissant au Maroc, et qui n'ont pas été rencontrées en Algérie. 4° La partie méridionale atlantique du Maroc présente un certain nombre d'espèces canariennes ou à type canarien. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

GÉODÉSIE. — *Influence sur les résultats des opérations géodésiques, de la substitution des arcs de plus courte distance aux sections planes de l'ellipsoïde; expression de la correction qui doit être faite à toutes les valeurs des mesures d'angles;* Mémoire de M. H. **Levret**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Villarceau, Serret, d'Abbadie.)

« Dans un triangle géodésique tracé à la surface d'un ellipsoïde, les côtés étant des lignes de plus courte distance, les angles devraient être ceux que ces lignes font entre elles; mais, dans la pratique, on substitue à ces derniers les angles des plans verticaux élevés au lieu d'observation, et passant par les points visés. Ainsi les angles sont formés par des sections planes, tandis que les côtés ont le caractère de lignes à double courbure.

» En outre, si l'on considère deux points conjugués, je remarque que (sauf dans le cas où ils se trouveraient, soit sur le même méridien, soit sur le même parallèle) le plan vertical en A et passant par B ne se confond pas avec le plan vertical en B et passant par A. D'où il résulte non-seulement que les trois angles employés n'appartiennent pas au triangle géodésique, mais encore qu'ils appartiennent à trois triangles différents. Je vais rechercher quelle est l'influence de cette substitution.

» Afin de simplifier les développements qui suivent, je nommerai *azimut géodésique* l'azimut vrai, et *azimut géométrique* celui que dans les mesures d'angles on lui substitue, c'est-à-dire l'angle compris entre le plan dans lequel on observe et le plan méridien du lieu d'observation.

» Je remarque de suite que, dans un triangle ABC, la correction cher-

chée pour l'angle mesuré en A sera égale à la somme algébrique des différences entre les azimuts géodésiques et géométriques des côtés. La question se réduit donc à chercher, pour deux points A et B situés sur la surface de la Terre, l'expression de la différence entre les azimuts géodésiques et géométriques de B sur l'horizon de A.

» Soient A et B les extrémités d'un arc géodésique AB, situé dans l'hémisphère nord, B étant au nord et à l'ouest de A. Soit P le pôle; PA et PB les méridiens de A et de B; AN et BN' les grandes normales de A et de B. Désignons le rayon de l'équateur par a; le carré de l'excentricité par e^2; la longueur de l'arc AB par K; la latitude et la longitude de A par L' et M'; l'azimut géodésique en A de l'arc AB par z. Enfin, joignons N et B par la droite NB.

» Ces conventions établies, dans le trièdre qui a son sommet en N, et pour arêtes les trois droites NA, NB, NP, on a

Dièdre suivant l'arête NP $= M' - M$,
Dièdre suivant l'arête NA que je désigne par A;

Angle PNA $= 90^\circ - L$,
Angle PNB $= 90^\circ - L' - \alpha$
(α représente le petit angle NBN').

» Alors la relation connue entre deux angles et deux côtés d'un trièdre, ou d'un triangle sphérique qui lui correspond, donne

$$(1) \qquad \cot A = \frac{\sin(L'-\alpha)\cos L - \cos(L'-\alpha)\sin L\cos(M'-M)}{\cos(L'-\alpha)\sin(M'-M)}.$$

» Observons maintenant que la valeur finale de cot A, ordonnée suivant les puissances croissantes de K, sera de la forme

$$\cot A = P + QK + RK^2.$$

» Le premier terme de ce développement sera égal à $-\cot z$; car si B, restant toujours sur l'arc géodésique AB, se rapproche de plus en plus de A et finit par se confondre avec ce point, alors $K = 0$ et les angles A et z deviennent supplémentaires.

» Le second terme de la valeur de cot A ne saurait disparaître; car, s'il en était ainsi, il en résulterait que la ligne géodésique et la section plane seraient tangentes entre elles, et cela quelle que soit la valeur de K; il faudrait donc que le plan normal à la Terre en A, et qui passe par B, contînt tous les points de l'arc géodésique, ligne à double courbure, ce qui ne se peut.

» Quant aux termes RK^2 et à ceux qui les suivent, ils seraient très-faibles: je les négligerai.

» Ces considérations générales étant établies, si l'on substitue dans la valeur de cot A les valeurs connues de $L' - L$ et $M' - M$, on obtient, en omettant comme très-petits les termes en e^4, e^6,...,

$$\cot A = -\cot z - \frac{K e^2 \sin 2L \cos^2 z}{2a \sin z},$$

et, par suite, à très-peu près,

$$A + z = 200^{gr} + \frac{K e^2 \sin 2L \sin 2z \cos z}{4a \sin 1''};$$

d'où il résulte que, dans l'hypothèse faite sur les positions des points A et B, l'angle qui aurait été observé en A entre deux points B et C, ce dernier se trouvant au nord de A et à l'est du méridien de ce point, devrait être diminué de la quantité

$$\frac{e^2 \sin 2L}{4a}(K \sin 2z \cos z + K' \sin 2z' \cos z'),$$

K' représentant la longueur AC, et z' l'azimut en A de l'arc AC.

» On déduit aussi de l'expression de $A + z$ que, pour un triangle, la somme des angles observés est égale à la somme des angles géodésiques.

» Les deux applications suivantes font apprécier l'influence que peut avoir sur les résultats géodésiques la correction de l'azimut dit géométrique d'une seule direction.

» Si $K = 40\,000^m$,

$$z = 45^\circ, \quad L = 45^\circ.$$

(Correction de l'azimut: $4'',73$ en secondes décimales.)

» Et pour $K = 250\,000^m$, longueur exceptionnelle du côté Velez rubio Merdjajo de mon projet de liaison entre la triangulation de l'Espagne et de l'Algérie, la correction devient $28'',61$ en secondes décimales, soit $9'',17$ en secondes sexagésimales. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la simultanéité des variations barométriques dans les hautes latitudes des deux hémisphères;* Note de M. **J.-A. Broun.**

(Renvoi à la Commission précédemment nommée, qui est composée de MM. de Tessan, Ch. Sainte-Claire Deville, Jamin.)

« Dans une Note insérée au *Compte rendu* du 15 juillet 1872, sur les variations des moyennes journalières de la pression atmosphérique près de l'équateur, je crois avoir établi l'existence d'une période de 26 jours,

avec des époques de maximum et de minimum assez voisines de celles qui avaient été précédemment observées dans la force magnétique. En considérant les variations barométriques liées à cette période, j'ai cité le Mémoire de M. Quetelet sur les ondes atmosphériques; mais je n'ai pas parlé des variations simultanées en Europe, qu'il a examinées dans ce Mémoire. J'ai pensé que les variations en Europe étaient dues à des causes différentes, que je n'avais pas le temps d'examiner alors.

» M. Quetelet explique les mouvements simultanés en Europe par l'hypothèse d'une calotte polaire atmosphérique, produite par la chute ou le déversement de l'air refroidi venant des régions équinoxiales, qui avance en masse, ou plus probablement en secteurs, vers le sud (1). A-t-on observé quelque chose dans les courants atmosphériques, qui soutienne cette hypothèse? Voici quelques faits relatifs à la marche de l'atmosphère en Écosse, aussi loin qu'il soit possible de l'observer.

» J'ai pris une année (1845) de mes observations, faites à Makerstoun (lat. 53° 34′ N.), où les directions des courants atmosphériques étaient observées d'heure en heure, et j'ai cherché les directions du courant supérieur indiquées par les cirrus; ces directions, avec celles du vent à la surface de la Terre sont indiquées dans le tableau suivant :

	Nombre de jours d'observation.	Mouvement des cirrus.	Direction résultante du vent de tous les jours du mois.
		°	°
Janvier	15	O. 20 S.	S. 29 O.
Février	13	O. 34 N.	O. 9 S.
Mars	9	N. 23 O.	O. 2 S.
Avril (2)	6	O. 11 S.	N. 7 O.
	7	E. 11 N.	
Mai	13	N. 31 O.	N. 11 E.
Juin	15	O. 12 S.	S. 44 O.
Juillet	11	O. 1 S.	O. 43 S.
Août	13	O. 23 N.	O. 29 N.
Septembre	8	O. 16 N.	O. 29 S.
Octobre	10	O. 24 S.	O. 34 S.
Novembre	13	O. 17 S.	S. 32 O.
Décembre	15	O. 41 N.	O. 16 S.

» D'après les moyennes de l'année, les cirrus viennent en Écosse de la

(1) *Climat de la Belgique*, 4e Partie, p. 80.

(2) Pendant sept jours, au milieu du mois d'avril, les cirrus venaient de l'est. La direction variait peu pendant les autres mois.

direction N.-11°-O., et le vent à la surface de la direction S.-23°-N. Les comparaisons des mouvements simultanés des différentes couches atmosphériques ont montré que les cirrus venaient d'une direction faisant un angle positif (en comptant du sud vers l'ouest) avec celle des cirrostratus; les cirrostratus, d'une direction faisant un angle positif avec celle des cumulus; les cumulus, d'une direction faisant un angle positif avec celle du vent à la surface : de sorte que la différence entre la direction des cirrus et celle du vent s'est élevée à près de 30 degrés (1). Il n'y a donc pas apparence de courants devant produire les oscillations barométriques en Écosse. M. Quetelet a bien remarqué, relativement aux courbes barométriques en Europe, qu'il est impossible de saisir une relation entre les directions du vent et la direction de l'onde atmosphérique (2). On voit que les plus hauts courants que nous puissions observer ne s'accordent pas avec l'hypothèse de la calotte atmosphérique.

» Pour ce qui concerne le courant supérieur des régions équinoxiales, je ne l'ai jamais observé, ni en Europe, ni aux Indes.

» Dans ma première Communication sur la simultanéité des variations barométriques, j'ai indiqué une variation considérable dans l'amplitude des oscillations barométriques en Écosse, pour une période de 26 jours. On sait que l'amplitude des oscillations barométriques, dans les hautes latitudes, est souvent liée à la hauteur du baromètre; s'il y a une période pour l'amplitude, il est probable que la même période doit se retrouver pour la hauteur, avec quelques différences dans les époques.

» Il est évident que, si deux côtés opposés du Soleil produisent une différence dans la pression atmosphérique, comme pour la force magnétique, on aura, dans l'action directe du Soleil, une cause des variations indépendante de la période de rotation. On connaît la liaison qui existe entre les perturbations magnétiques et les aurores polaires; il ne paraît pas improbable (l'action directe du Soleil admise) que les grandes variations dans l'état électrique de l'atmosphère, que je crois liées aux aurores, aient un effet sur la pression indiquée par le baromètre. D'autre part, les grandes aurores polaires, et probablement toutes les aurores, s'observent en même temps aux deux pôles; dès lors, s'il y a quelque liaison entre les aurores, ou les variations magnétiques, et la pression atmosphérique (comme la période de 26 jours paraît l'indiquer), on doit trouver une certaine

(1) *Trans. Roy. Soc. Edin.*, vol. XIX, pars II, p. 104.

(2) *Climat de la Belgique*, 4e partie, p. 82.

simultanéité dans l'amplitude des oscillations et dans les variations de la pression moyenne de l'atmosphère, pour les hautes latitudes des deux hémisphères.

» Afin de voir si cette idée serait vérifiée par les faits, j'ai pris deux stations où la latitude *magnétique* est à peu près la même; Makerstoun en Écosse (lat. 55°34′N) et Hobarton, île de Van Diemen (lat. 42°53′S), et j'ai examiné les moyennes journalières de la pression atmosphérique aux deux stations, pour l'année 1845, l'année pour laquelle j'ai donné les directions des courants atmosphériques en Écosse. Cet examen m'a montré que les baromètres baissaient et remontaient simultanément aux plus hautes pressions, et cela trop souvent pour que les coïncidences fussent accidentelles; mais, comme il est facile de se tromper lorsqu'on cherche des coïncidences, j'ai pensé qu'il était nécessaire de faire le calcul pour la période de 26 jours, à chaque station. Il y a 14 de ces périodes dans l'année, et quand les moyennes pour chaque jour de la période ont été prises, le calcul pour l'oscillation simple a donné les résultats suivants :

Makerstoun, $y = 0^{po},091 \sin(\theta + 286 \text{ degrés})$; et le maximum a lieu le 11,8 jour.
Hobarton, $y = 0^{po},073 \sin(\theta + 292 \text{ degrés})$; et le maximum a lieu le 11,4 jour.

» Ainsi l'amplitude moyenne de l'oscillation de 14 périodes, à Makerstoun, était 0,182 pouces (462 millimètres) et à Hobarton, 0,146 pouces (371 millimètres), *et le maximum arrivait au même jour aux deux stations* (1).

» Donc le baromètre baisse et monte en même temps en Écosse et dans l'île de Van Diemen, et ce résultat est tout à fait indépendant de la période de 26 jours; une comparaison quelconque des mouvements barométriques aux deux points donnerait la même conclusion.

» Mais l'examen des courbes qui représentent les variations de jour en jour montre qu'il y a des cas où les mouvements, dus évidemment à une même cause, sont décidément *opposés* aux deux stations, la pression la plus basse à l'une ayant lieu en même temps que la plus haute pression à l'autre station. Cela se présente plusieurs fois en 1845, et pourrait être plus fréquent dans d'autres années; dans ce cas, ce ne sont plus les positions moyennes, mais l'amplitude des oscillations, qu'il faut considérer pour déterminer l'action simultanée.

---

(1) Le calcul commence une demi-journée plus tôt à Makerstoun qu'à Hobarton, les moyennes journalières pour la première station étant les jours civils et pour la seconde les jours astronomiques de Göttingue; ainsi le maximum a lieu le 11,8 jour aux deux stations. Cette coïncidence exacte est évidemment accidentelle.

» Je crois que les mouvements près de l'équateur, que j'ai étudiés précédemment et qui sont liés à la période de 26 jours, sont dus à un autre mode d'action de la même cause. J'espère coordonner tous les faits plus tard. Je désire seulement ajouter aujourd'hui que je ne doute pas que les courants d'air n'agissent de différentes manières sur le baromètre.

» Le fait que le baromètre, chez nous et aux antipodes, baisse et monte en même temps, ne peut pas manquer de susciter beaucoup d'hypothèses et de déductions; je crois, par exemple, que, lorsque les recherches seront faites avec toutes les précautions nécessaires, on trouvera dans la période de 26 jours, pour l'aurore boréale, une preuve de l'action directe du Soleil dans sa production.

» *Remarque.* — Dans mes recherches précédentes sur la force magnétique, pour l'inégalité de 26 jours, j'ai cru apercevoir l'apparence d'une oscillation double dans la même période, de manière que des minima apparaissaient assez souvent dans certaines années vers l'époque du maximum de l'oscillation simple. Cette double oscillation paraît très-marquée dans les variations barométriques pour 1845, et, depuis que la Note précédente a été écrite, j'ai fait le calcul pour cette oscillation aux deux stations. Voici les équations qui résultent des moyennes pour l'année :

Makerstoun, $y = 0^{po},114 \sin(2\theta + 265 \text{ degrés})$; et le maximum a lieu le 6,7 jour.
Hobarton, $y = 0^{po},035 \sin(2\theta + 218 \text{ degrés})$; et le maximum a lieu le 8,3 jour.

» On remarquera que l'amplitude de cette oscillation (580 millimètres) est d'un quart plus grande que celle de l'oscillation simple à Makerstoun, tandis qu'à Hobarton elle est (178 millimètres) seulement la moitié.

» La différence des époques est près de 2 jours. Quand on considère l'époque donnée par les observations de Makerstoun (où l'amplitude est la plus grande), on voit qu'un minimum de l'oscillation double arrive, à un jour fixé, en même temps que le maximum de l'oscillation simple. »

BOTANIQUE FOSSILE. — *Observations sur la structure des tiges et des fructifications des* Annularia *et des* Sphenophyllum; Mémoire de M. **B. Renault**, présenté par M. Brongniart. (Extrait par l'auteur.)

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

I. — *Structure de la tige et des fructifications des* Annularia.

« La forme *extérieure* seule de la tige des *Annularia* est connue par les empreintes nombreuses qui se trouvent dans les schistes et les nodules de

fer carbonaté du terrain houiller. Quant à sa structure interne, elle n'a pas encore été observée (1).

» M. Grand' Eury, le premier, a signalé la ressemblance existant entre certaines fructifications silicifiées d'Autun et les fructifications connues sous le nom de *Bruckmannia tuberculata* (Sternberg).

» L'examen de ces fructifications a permis d'en faire ressortir les détails suivants :

» 1° Sur l'axe sporangifère, par conséquent plus généralement sur la tige elle-même, que j'ai retrouvée dans d'autres échantillons et qui, d'après M. Grand' Eury, s'accorde encore avec ce qui reste ordinairement des tiges d'*Annularia longifolia*, auquel on rattache du reste le *Bruckmannia tuberculata*.

» 2° Sur la forme et la disposition des sporanges.

» *Tige*. — La tige est fistuleuse. Dans les échantillons que j'ai examinés, trop courts peut-être, je n'ai pas aperçu de cloisons transversales.

» Sur une coupe horizontale, on distingue deux régions : l'une ligneuse (si je puis me servir de cette expression), l'autre corticale.

» La région ligneuse est formée de cellules rectangulaires un peu allongées dans le sens vertical. Une large cavité qui se produit de bonne heure dans la plante occupe la partie centrale ; à la périphérie se trouve un cercle de lacunes (lacunes essentielles) au nombre de 16 à 20 dans les échantillons examinés. Ce n'est que dans le voisinage de ces lacunes, comme dans les prêles, que l'on rencontre des faisceaux fibrovasculaires rayés. Il y a autant de faisceaux que de lacunes ; quelques-unes des fibres qui accompagnent les fibres rayées sont parcourues sur leurs parois internes par un ruban formant des spires à tours espacés ou des anneaux. En dehors du cercle de lacunes, les cellules ligneuses paraissent un peu plus résistantes.

» *Écorce*. — L'écorce se rencontre rarement encore adhérente au tissu ligneux ; elle m'a paru formée de cellules rectangulaires à parois minces et peu solides, séparée de la portion ligneuse par un parenchyme encore plus délicat et constamment mal conservé.

» La surface extérieure ne me paraît pas avoir porté de cannelures.

» Si les empreintes schisteuses en indiquent, elles sont dues probable-

---

(1) Éloigné des Bibliothèques, M. B. Renault n'a pas pu avoir connaissance des travaux déjà publiés sur ce sujet par MM. Ludwig, Binney, Williamson et quelques autres ; mais ses études n'en sont pas moins très-intéressantes à plusieurs égards, par la précision de ses observations. AD. B.

ment à la présence des faisceaux fibrovasculaires qui accompagnent les lacunes.

» *Fructifications.* — Les fructifications sont spiciformes; l'axe central porte alternativement des verticilles de bractées et des verticilles de sporanges. Les sporanges, disposés par paires, sont supportés par des rameaux verticillés qui se dirigent horizontalement et en même nombre que les bractées; celles-ci s'éloignent de l'axe d'abord horizontalement, et se relèvent ensuite assez brusquement pour envelopper les sporanges. Elles sont lancéolées, épaisses, arrondies à la face interne et supérieure, uninerviées; la nervure est saillante, le limbe étroit, quoique s'élargissant un peu dans la partie relevée, où les bords peuvent s'incurver au-dessous et former gouttière.

» Les rameaux verticillés qui portent les sporanges s'insèrent horizontalement sur des côtes saillantes, fibrovasculaires, qui courent le long de la surface extérieure de l'axe (ayant perdu la couche externe épidermique dans les spécimens étudiés); leur insertion alterne avec celle des bractées, placée par conséquent dans l'intervalle de deux côtes. La position de ces dernières correspond sensiblement à celle des lacunes centrales.

» Les rameaux sporangifères sont cylindriques, terminés en pointe et portent chacun une paire de sporanges placés, l'un au-dessus, l'autre au-dessous de lui, et en contact avec l'axe.

» Les sporanges se présentent sous la forme de sacs à section sensiblement rectangulaires, le plus souvent détachés de leur support. Leur hauteur atteint 2 millimètres, leur épaisseur $0^{mm},7$, et leur longueur diamétrale $1^{mm},3$; ces sporanges sont remplis de spores globuleuses en assez grand nombre, et mesurant $0^{m},1$ de diamètre.

» La structure interne de l'axe de l'inflorescence est sensiblement la même que celle des tiges indiquée plus haut; le nombre des lacunes a été de 16 dans les échantillons examinés; je n'ai rencontré à sa surface ni écorce, ni épiderme. A la hauteur des articulations d'où partent les bractées et les rameaux sporangifères, des cloisons horizontales n'existent pas davantage. Le diamètre de l'axe peut atteindre 5 à 6 millimètres, et, comme il ne diminue que très-lentement, sa longueur pouvait être relativement considérable.

» Si l'on compare la tige des *Annularia* que je viens de décrire sommairement à celle des *Sphenophyllum*, que j'ai fait connaître il y a quelque temps, on remarque des différences profondes, et telles, qu'il n'est plus possible de rapprocher ces deux genres, que leurs empreintes extérieures semblaient ne pas trop éloigner. »

M. E. Solvay soumet au jugement de l'Académie un Mémoire concernant la production de l'électricité dans l'acte de la condensation vésiculaire de la vapeur d'eau, et les principales conséquences de ce fait.

Ce Mémoire, très-développé, se partage en cinq parties, dans lesquelles l'auteur traite spécialement : 1° De l'électrolyse de l'eau par le seul fait de la condensation vésiculaire de la vapeur; 2° de la théorie des explosions foudroyantes des générateurs de vapeur, et des moyens de les prévenir; 3° de la théorie de la production atmosphérique de l'ozone, de l'eau oxygénée et des composés ammoniacaux nitrés; 4° de la théorie générale des principaux phénomènes électriques de l'atmosphère; 5° de la théorie générale du magnétisme terrestre, des aurores polaires, etc.

(Commissaires : MM. Fremy, Edm. Becquerel, Jamin.)

M. Leroy-Mabille adresse une nouvelle Communication, relative à l'infiltration des eaux et à l'affaissement graduel des côtes.

(Commissaires précédemment nommés : MM. Ch. Sainte-Claire Deville, Daubrée, Edm. Becquerel.)

M. E. Maumené adresse des observations concernant les résultats obtenus par M. *Viollette* sur le sucrate de chlorure de potassium.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. L. Skrodzki adresse une Communication relative à l'aérostation et à diverses questions de Physique.

(Renvoi à la Commission des Aérostats.)

M. L. Hugo adresse quelques nouveaux documents relatifs aux formes géométriques réalisées par les anciens, d'après divers objets conservés dans les musées.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. A. Osselin adresse une Note relative à un système d'objectifs pour les lunettes astronomiques à grands diamètres.

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. **Oskamp** adresse une Lettre concernant son précédent Mémoire sur la théorie électrostatique.

(Renvoi à la Commission nommée, Commission qui se compose de MM. Faye, Edm. Becquerel, Jamin.)

M. **Ch. Delalain** adresse, pour le concours des prix de Médecine et de Chirurgie (fondation Montyon), un Mémoire sur un menton artificiel à cuvette.

(Renvoi à la Commission.)

M. **A. Brachet** adresse de nouvelles Notes concernant ses lentilles objectives, en corindon et en rubis-spinelle, pour microscopes.

(Renvoi à la Commission nommée.)

M. **Dupré** adresse une Note relative à la maladie de la vigne.

(Renvoi à la Commission du *Phylloxera*.)

M. **Yol** adresse une Note relative à la destruction des insectes nuisibles à la végétation.

(Renvoi à la Section d'Économie rurale.)

M. **Vielguth** adresse une Note relative au choléra.

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° La seconde livraison des « Animaux fossiles du Léberon », par M. *A. Gaudry*;

2° Le Cours de Chimie agricole de M. *Dehérain*.

Ce dernier ouvrage est renvoyé au concours du prix Morogues.

M. **Quetelet**, Secrétaire perpétuel de l'Académie royale de Belgique, adresse, pour la Bibliothèque de l'Institut, divers ouvrages, mentionnés

plus loin au *Bulletin bibliographique*, et un exemplaire de la médaille de bronze, à l'effigie de l'impératrice *Marie-Thérèse*, qui a été frappée en souvenir du centième anniversaire de la fondation de cette Académie.

M. Quetelet adresse en outre, en son nom personnel, le XXIe volume des *Annales de l'Observatoire de Bruxelles*, les deux derniers *Annuaires de l'Observatoire*, les *Phénomènes périodiques de* 1870, etc.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les trajectoires des points d'une droite mobile dans l'espace;* Note de M. A. MANNHEIM, présentée par M. Chasles.

« On s'est surtout occupé jusqu'à présent d'étudier le déplacement d'une droite sur un plan; on sait que dans ce cas, à un instant quelconque du déplacement, les tangentes aux trajectoires de tous les points de la droite enveloppent une parabole, et que les centres de courbure de ces trajectoires appartiennent à une conique. On sait aussi qu'il existe, en général, deux points de la droite qui sont des points d'inflexion sur leurs trajectoires.

» Je me propose maintenant d'étudier ce qui est relatif au déplacement d'une droite dans l'espace.

» Les propriétés des trajectoires des points d'une droite mobile sont les propriétés d'une certaine série de courbes tracées sur la surface engendrée par cette droite. Ces courbes sont telles, que deux quelconques d'entre elles interceptent des segments égaux sur toutes les génératrices de cette surface. Elles peuvent être généralisées en considérant les courbes tracées sur une surface réglée, et qui déterminent des divisions homographiques sur toutes les génératrices de cette surface. Quelques-unes des propriétés des trajectoires des points d'une droite s'étendent immédiatement à ces courbes plus générales.

» Désignons par D la droite mobile, et par (D) la surface réglée engendrée par cette droite. La génératrice D peut être amenée, d'une infinité de manières, à coïncider avec la génératrice D_1, qui lui est infiniment voisine; car un point a marqué sur D peut être assujetti à décrire sur (D), à partir de la position qu'il occupe, une infinité de courbes. A chacune des directions qu'on peut ainsi faire suivre à a correspond pour la droite D un axe instantané Δ qui est une droite conjuguée de D; excepté lorsque la trajectoire du point a est normale à D.

» Considérons en particulier une trajectoire de a qui ne soit pas normale à D. A chaque instant du déplacement de D, nous aurons une droite

telle que Δ. Ces droites appartiennent à une surface (Δ). Les droites entraînées en même temps que D, et qui deviennent successivement des axes instantanés, c'est-à-dire des génératrices de (Δ), appartiennent à une autre surface gauche. Il est facile de voir que cette dernière surface roule sur (Δ) pendant le déplacement continu de D, et qu'à chaque instant elle se raccorde avec (Δ).

» A chacune des trajectoires de a correspond une autre surface telle que (Δ). Nous avons donc ce théorème connu :

» Théorème I. — *Une surface réglée peut être engendrée d'une infinité de manières par une de ses génératrices entraînée pendant le roulement d'une surface réglée sur une autre surface réglée. A chaque instant, ces deux dernières surfaces se raccordent suivant un axe instantané.*

» Puisque a, pour un déplacement infiniment petit, tourne autour de Δ, la tangente à la trajectoire de ce point est perpendiculaire au plan (a, Δ). Cette tangente rencontre D et la génératrice D_1 infiniment voisine de D; elle rencontre donc deux droites et est parallèle à un plan perpendiculaire à Δ. Il en est de même des tangentes aux trajectoires de tous les points de D. Ces droites appartiennent donc à un paraboloïde hyperbolique. On voit donc que :

» Théorème II. — *Les tangentes aux trajectoires de tous les points d'une droite* D *appartiennent à un paraboloïde hyperbolique dont un plan directeur est perpendiculaire à la droite* Δ, *conjuguée de* D (1).

» Après un premier déplacement infiniment petit de D, le point a est venu en a_1 sur D_1, et la droite aa_1 est une génératrice de ce paraboloïde. Après un nouveau déplacement infiniment petit, a_1 vient en a_2 sur D_2, et la droite $a_1 a_2$ est la génératrice d'un autre paraboloïde. Ces deux paraboloïdes ont en commun la droite D_1. Le plan (a, a_1, a_2), qui contient les droites aa_1, $a_1 a_2$, est tangent à chacun de ces paraboloïdes. Ce plan n'est autre que le plan osculateur en a à la trajectoire de ce point. Les plans osculateurs des autres points de D étant tangents aux mêmes paraboloïdes, leur enveloppe est la surface développable circonscrite à deux paraboloïdes ayant une génératrice commune, c'est-à-dire une développable du quatrième ordre et de la troisième classe. Ainsi :

» Théorème III. — *A un instant quelconque du déplacement d'une droite* D,

---

(1) *Voir*, dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, séance du 26 juin 1843, le Mémoire de M. Chasles *Sur les propriétés géométriques relatives au mouvement infiniment petit d'un corps solide libre dans l'espace.*

les plans osculateurs des trajectoires des points de cette droite enveloppent une surface développable du quatrième ordre et de la troisième classe.

» Ce théorème est un cas particulier de celui qu'on obtient en prenant le corrélatif du théorème suivant :

» *Quand autour de trois droites données dans l'espace on fait tourner trois plans formant trois faisceaux homographiques, le point d'intersection de ces trois plans décrit une courbe gauche du troisième ordre* (1).

» Mais il est essentiel de remarquer que, dans le cas du déplacement d'une droite D, le plan osculateur, correspondant à la trajectoire du point qui est à l'infini sur cette droite, est lui-même à l'infini.

» Nous avons déjà dit que la tangente aa_1 à la trajectoire de a est perpendiculaire au plan (a, Δ). Il en est de même pour tous les points de D, c'est-à-dire que les plans normaux aux trajectoires des points de cette droite passent par Δ. Les plans passant par les points de D et par la droite Δ', qui doit devenir l'axe instantané, sont les plans qui, après un déplacement infiniment petit, seront normaux aux trajectoires des points de D. Nous avons ainsi deux faisceaux de plans dont les arêtes sont Δ et Δ'. Les plans de ces faisceaux passant respectivement par les mêmes points de D sont homographiques. Lorsque la droite Δ' viendra en Δ_1 en entraînant le faisceau dont elle est l'arête, les plans de ce faisceau, après ce déplacement, couperont alors les plans du faisceau dont Δ est l'arête, suivant les axes de courbure des trajectoires des points de D. Ces axes de courbure, résultant de l'intersection des plans de deux faisceaux homographiques, appartiennent à une surface du second ordre qui contient Δ et Δ_1, c'est-à-dire qui se raccorde avec la surface (Δ). De là ce théorème :

» Théorème IV. — *A un instant quelconque du déplacement continu d'une droite, les axes de courbure des trajectoires de tous les points de cette droite appartiennent à une surface du second ordre* (2).

» Je dis que cette surface du second ordre est un hyperboloïde. Pour le prouver, il suffit de faire voir qu'en général il n'y a pas de point sur D pour lequel l'axe de courbure de sa trajectoire soit à l'infini ; c'est-à-dire qu'il n'y a pas de point de D qui soit un point d'inflexion sur sa trajectoire. Démontrons d'abord cette propriété.

---

(1) *Voir*, dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 10 août 1857, le Mémoire de M. Chasles *Sur les propriétés des courbes à double courbure du troisième ordre.*

(2) *Voir*, dans le *Bulletin de la Société Philomathique*, séance du 25 juin 1870, une Note de M. Haag.

» Si un point a de D était un point d'inflexion sur sa trajectoire, les deux positions successives et infiniment voisines de a, c'est-à-dire a_1 et a_2, appartiendraient avec a à une même droite. Nous avons dit que $a a_1$ était parallèle à un plan perpendiculaire à Δ, et que $a_1 a_2$ était parallèle à un plan perpendiculaire à Δ_1 : la droite $a a_1 a_2$, si elle existait, devrait donc être parallèle à l'intersection de ces deux plans; mais le plan mené par la droite commune à nos deux paraboloïdes, parallèlement à cette droite d'intersection de leurs plans directeurs, ne touche pas nécessairement ces deux paraboloïdes au même point a. Cela devrait être pour avoir en ligne droite les points a, a_1, a_2. Donc il n'existe pas de point a qui soit un point d'inflexion sur sa trajectoire. Ainsi :

» Théorème V. — *En général, il n'y a pas sur une droite mobile un point qui soit point d'inflexion sur sa trajectoire.*

» Le raisonnement que nous venons d'employer n'est plus applicable lorsqu'il s'agit du déplacement d'une droite sur un plan.

» Le théorème V peut encore se démontrer de la manière suivante : S'il existe un point a sur D qui soit point d'inflexion sur sa trajectoire, ce point doit se déplacer dans la direction de l'asymptote de l'indicatrice de (D) en a. La tangente à la trajectoire de ce point est donc nécessairement parallèle à l'une des génératrices du cône directeur de l'hyperboloïde osculateur de (D) suivant D. Nous venons de dire que la tangente à la trajectoire d'un point qui est point d'inflexion sur sa trajectoire est parallèle à l'intersection de deux certains plans. Comme nous pouvons disposer de ces plans de façon que leur droite d'intersection ne soit pas parallèle à l'une des génératrices du cône dont je viens de parler, nous voyons bien qu'alors il n'y aura pas de point sur D qui soit point d'inflexion sur sa trajectoire.

» Et si nous revenons à la surface du deuxième ordre, lieu des axes de courbure des trajectoires des points de D_1, nous pouvons dire que, ces axes étant à distance finie, *cette surface est un hyperboloïde.*

» Cet hyperboloïde a pour cône directeur un cône du second ordre, dont les génératrices sont respectivement parallèles à ces axes de courbure et, par suite, perpendiculaires aux plans osculateurs des trajectoires des points de D. Il résulte de là que :

» Théorème VI. — *Si d'un point de l'espace on mène des plans parallèles aux plans osculateurs des trajectoires de tous les points d'une droite, ces plans enveloppent un cône du second ordre;* ou, en d'autres termes, *la développable du quatrième ordre, qui est l'enveloppe des plans osculateurs des trajectoires de tous les points d'une droite, a un cône directeur qui est du second ordre.*

» Dans une prochaine Communication, je donnerai les solutions de questions relatives au même sujet.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes du sixième ordre à double courbure;* Note de M. Ed. Weyr, présentée par M. Chasles.

« *Courbes du sixième ordre de la classe* (2). — J'ai désigné par ce symbole les courbes du sixième ordre qui se trouvent sur une surface du second ordre n'étant sur aucune surface cubique. La première condition fait voir que ce sont des courbes à 6, 7 ou 10 points doubles apparents; de la seconde nous déduirons immédiatement qu'il ne peut y avoir des courbes qu'à 7 ou 10 points doubles apparents.

» Soit en effet C_6 une courbe du sixième degré (2) à 6 points doubles apparents. Prenons un point quelconque de la surface du second ordre qui contient C_6 pour le point $x=0$, $y=0$, $z=0$; les équations de C_6 seront alors $U_6=0$, $w=\frac{P_2}{Q_1}$, U_6 étant une courbe à 2 points triples O_1, O_2, Q_1 étant la droite O_1O_2, et $P_2=0$ enfin représentant une conique qui passe par O_1 et O_2. Je dis que par C_6 passent toujours des surfaces cubiques; car la surface $w^3+A_1w^2+A_2w+A_3=0$ contiendra C_6, si nous pouvons déterminer les fonctions A_1, A_2, A_3, de telle sorte qu'on ait identiquement

$$\Pi_6 = P_2^3 + A_1P_2^2Q_1 + A_2P_2Q_1^2 + A_3Q_1^3 = U_6.$$

Mais cela peut toujours se faire. La courbe Π_6 possède aux points $P_2=0$, $Q_1=0$, c'est-à-dire aux points O_1, O_2, des points triples, qui représentent donc 18 points d'intersection $\Pi_6=0$, $U_6=0$; si donc on détermine les 19 constantes contenues dans A_1, A_2 et A_3 de manière à faire passer Π_6 par d'autres 19 points de U_6, les courbes Π_6 et U_6 ayant $18+19$ points communs seront identiques, ce qu'il fallait démontrer.

» Il n'y a donc pas de courbes du sixième ordre de la classe (2) à 6 points doubles apparents.

» Considérons une courbe du sixième ordre (2) à 7 points doubles apparents. Le point $x=0$, $y=0$, $z=0$ étant sur la surface du second degré qui passe par notre courbe C_6, ses équations seront $U_6=0$, $w=\frac{P_2}{Q_1}$. U_6 sera alors une courbe à 1 point quadruple O_1 et à 1 point double O_2, qui appartiennent ainsi aux courbes P_2 et Q_1. Par une telle courbe C_6 ne passe en effet aucune surface cubique, car en ce cas C_6, étant l'intersection complète d'une telle surface par la surface $w=\frac{P_2}{Q_1}$, n'aurait que 6 points

doubles apparents. Cela se peut d'ailleurs aussi démontrer de la manière suivante. Si la surface $w^3 + A_1 w^2 + A_2 w + A_3 = 0$ contenait C_6, on devrait avoir identiquement

$$\Pi_6 = P_2^3 + A_1 P_2^2 Q_1 + A_2 P_2 Q_1^2 + A_3 Q_1^3 = U_6;$$

ce qui est impossible, puisque Π_6 possède en O_2 1 point triple, tandis que U_6 n'a que 1 point double en O_2. La courbe considérée C_6 est donc bien de la classe (2). Par C_6 passent toujours des surfaces du quatrième ordre. En effet, la surface $w^4 + A_1 w^3 + A_2 w^2 + A_3 w + A_4 = 0$ sera menée par C_6, si l'on a

$$\Pi_8 = P_2^4 + A_1 P_2^3 Q_1 + A_2 P_2^2 Q_1^2 + A_3 P_2 Q_1^3 + A_4 Q_1^4 = U_6 U_2.$$

Les points O_1 et O_2 étant quadruples pour Π_8 représentent 20 points communs à Π_8 et U_6; en déterminant d'une manière convenable les 34 constantes en A_1, A_2, A_3, A_4, on fera de telle sorte que U_6 constitue une partie de Π_8. Le point O_2 n'étant que double pour U_6 et quadruple pour Π_8, il s'ensuit de là que la conique U_2 sera constituée par deux droites passant par O_2. Donc chaque courbe du sixième ordre de la classe (2) à 7 points doubles apparents est l'intersection partielle d'une surface du quatrième degré par une surface du second degré, qui ont deux droites gauches en commun.

» Soit enfin C_6 une courbe du sixième ordre (2) à 10 points doubles apparents. Supposons toujours que le point $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$ se trouve sur la surface du second ordre passant par C_6; les équations de cette courbe seront

$$U_6 = 0, \quad w = \frac{P_2}{Q_1}.$$

La courbe U_6 n'aura que 1 point quintuple O, par lequel passeront P_2 et Q_1; ces deux courbes auront encore 1 point commun M_1 situé sur U_6. Par une telle courbe C_6 ne passe aucune surface cubique; cela exigerait l'identité

$$\Pi_6 = P_2^3 + A_1 P_2^2 Q_1 + A_2 P_2 Q_1^2 + A_3 Q_1^3 = U_6,$$

ce qui ne peut se faire, puisque Π_6 a 1 point triple en M_1. De plus, par C_6 ne peut être menée aucune surface du quatrième ordre; car, cela étant, on aurait

$$\Pi_8 = P_2^4 + A_1 P_2^3 Q_1 + \ldots + A_4 Q_1^4 = U_6 U_2,$$

ce qui ne se peut pas, puisque Π_8 possède en M_1 1 point quadruple, tandis que la courbe $U_6 U_2 = 0$ n'y peut avoir au plus que 1 point triple. Enfin

nous savons que par C_6 passent des surfaces du cinquième ordre. Soit

$$w^5 + A_1 w^4 + \ldots + A_5 = 0$$

l'équation d'une telle surface; on aura

$$\Pi_{10} = P_2^5 + A_1 P_2^4 Q_1 + \ldots + A_5 Q_1^5 = U_6 U_4.$$

» La courbe Π_{10} possède aux points O et $M_1 (P_2 = 0,\ Q_1 = 0)$ des points quintuples; il s'ensuit que M_1 sera un point quadruple pour la courbe U_4, ou bien que la courbe U_4 sera constituée par le système de quatre droites passant par M_1. On conclut de là que chaque courbe du sixième ordre (2), à 10 points doubles apparents, est l'intersection d'une surface du second degré par une surface du quatrième ordre passant par quatre génératrices qui font partie du même système de la première surface.

» Les espèces de courbes du sixième ordre non planes sont donc les suivantes :

» A. *Courbes de la classe* (2.3). — Il y a une seule espèce 2.3 à 6 points doubles apparents; toute courbe du sixième ordre à 6 points doubles apparents qui provient de l'intersection de deux surfaces cubiques appartient aussi à cette espèce.

» B. *Courbes de la classe* (3). — Il y a cinq espèces représentées par les symboles

$$\left(\frac{3.4}{2}\right)_6, \quad \left(\frac{3.4}{2}\right)_7, \quad \left(\frac{3.4}{2}\right)_8, \quad \left(\frac{3.4}{2}\right)_9, \quad \left(\frac{3.4}{2}\right)_{10},$$

et respectivement à 6, 7, 8, 9, 10 points doubles apparents; ces symboles signifient qu'une telle courbe constitue, avec une courbe de même espèce, l'intersection complète d'une surface cubique par une surface du quatrième ordre. Les courbes du sixième ordre qui proviennent de l'intersection de deux surfaces cubiques ne sont que des courbes spéciales de ces quatre premières espèces.

» C. *Courbes de la classe* (2). — Il y a deux espèces : l'une à 7 points doubles apparents, qui sera représentée par le symbole $2.4 - 1 - 1$; l'autre $2.5 - 1 - 1 - 1 - 1$, à 10 points doubles apparents. Par ces courbes ne passe aucune surface cubique, et même, par la dernière, ne peut passer aucune surface du quatrième ordre.

» Il serait facile d'énumérer les sous-espèces de toutes ces courbes. »

GÉOMÉTRIE. — *Note relative à une Communication sur les courbes gauches algébriques;* par M. **Halphen**, présentée par M. Chasles.

« Dans une Note *sur la classification des courbes du sixième ordre dans l'espace*, insérée aux *Comptes rendus*, séance du 17 février 1873, p. 424, M. Weyr démontre les deux théorèmes suivants :

» 1° *Le nombre des points doubles apparents d'une courbe gauche du sixième degré est au moins six;*

» 2° *Une courbe du sixième ordre située sur une surface du second ordre a six, sept ou dix points doubles apparents.*

» J'ai l'honneur de faire observer que ces deux théorèmes sont compris dans deux des propositions démontrées dans un Mémoire que j'ai présenté à l'Académie le 21 février 1870, et énoncées dans l'Extrait de ce Mémoire inséré aux *Comptes rendus*, t. LXX, p. 380. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Recherches sur les décompositions salines;* Note de M. L. **Joulin**, présentée par M. Edm. Becquerel. (Extrait.)

« Dans une série de recherches sur l'*Influence de l'eau dans les décompositions chimiques*, publiées il y a une vingtaine d'années, H. Rose classe de la manière suivante les produits de la réaction des carbonates alcalins et des sels métalliques (1) : avec les bases fortes (baryte, oxyde d'argent), on obtient des carbonates purs; avec les bases faibles, l'eau, agissant comme un acide, déplace, en raison de sa masse, une partie de l'acide carbonique, et le précipité se compose d'hydrate et de carbonate unis en proportions définies, combinaisons appelées *hydrocarbonates;* avec les bases très-faibles (sesquioxydes de fer, d'aluminium), on a de l'hydrate pur. Si l'oxyde ne se combine pas avec l'eau, sa production est attribuée à une petite quantité d'alcali libre, mélangée au carbonate alcalin. Rose admet enfin qu'aux grandes dilutions le borate de soude est décomposé par l'eau, et explique ainsi l'oxyde produit dans la réaction du borax et des sels métalliques. Nous avons repris l'étude de cette question; voici les résultats de nos premières recherches :

» I. *Carbonates.* — On a examiné les produits de la double décomposition, quand on augmente successivement la dilution des sels, depuis le minimum de solubilité jusqu'à $\frac{1}{50000}$, et leurs proportions, depuis l'égalité

(1) *Annales de Poggendorff*, t. LXXXII, LXXXIV et LXXXV.

d'équivalents jusqu'à un excès de 2000 équivalents. Le sel métallique était versé dans le sel alcalin, et l'on agitait le mélange quelques instants. Le carbonate de soude provenait de la calcination du bicarbonate ; les sels métalliques étaient parfaitement neutres.

» 1° *Sels de manganèse.* — A. *Température ordinaire. a. Equivalents égaux, même dilution.* — Jusqu'à la dilution du $\frac{1}{200}$, le précipité est du carbonate de manganèse pur ; au delà, c'est un mélange de carbonate et de sesquioxyde (ce dernier provenant de l'oxydation de l'hydrate de protoxyde), dans lequel la proportion d'oxyde croît d'une manière continue avec la dilution. La liqueur de filtrage renferme du bicarbonate de soude ; si la dilution est très-grande, le sesquioxyde reste longtemps en suspension et colore le liquide en brun jaune.

» *b. Excès de l'un des sels.* — Quand le carbonate de soude est en excès, l'oxyde se produit même avec des solutions très-concentrées, et sa proportion augmente d'une manière continue avec celle du carbonate alcalin. Pour un excès de sel métallique, les solutions concentrées donnent du carbonate pur ; mais, à partir d'une certaine dilution, ce carbonate est mélangé d'une quantité d'oxyde qui augmente avec la dilution et le nombre d'équivalents du sel métallique. Ces expériences se réalisent encore en séparant les deux sels par une membrane à travers laquelle s'établit une double dialyse : du côté du sel alcalin, le précipité est formé uniquement de sesquioxyde de manganèse ; de l'autre côté, c'est du carbonate presque pur.

» B. *Influence de la température.* — A zéro, la quantité d'oxyde est beaucoup plus faible qu'à la température ordinaire ; c'est à peine si l'on a des traces d'oxyde pour un excès de 40 équivalents de carbonate de soude. A 100 degrés au contraire, la réaction à équivalents égaux donne une quantité notable d'oxyde, et il faut employer 3 équivalents de sel métallique pour avoir du carbonate pur.

» 2° *Autres sels métalliques.* — Des observations analogues ont été faites sur les sels d'argent, de cuivre, de protoxyde de mercure ; on voit nettement le carbonate métallique se former d'abord, et se décomposer plus ou moins rapidement en oxyde.

» En résumé, *la réaction des carbonates alcalins et des sels métalliques, que les oxydes soient ou non susceptibles de former des hydrates, donne des mélanges de carbonate et d'oxyde, généralement en proportions non définies, à toute dilution pour un excès de carbonate alcalin, à partir d'une certaine dilution seulement pour un excès de sel métallique. La quantité d'oxyde augmente avec la dilution et la température.*

» 3° *Vitesse des réactions.* — Si, dans la réaction à équivalents égaux de solutions concentrées de carbonate de soude et de sulfate de manganèse, on étend d'eau aussitôt après le mélange des sels, on voit une partie du précipité se transformer en sesquioxyde, tandis que le précipité lavé sur un filtre reste inaltéré quand on le met en suspension dans la même quantité d'eau. L'examen de la liqueur de filtrage montre qu'un dixième environ des sels a échappé à la réaction immédiate; la double décomposition exige donc toujours un certain temps pour s'effectuer, et c'est ce qui a conduit à faire une série d'expériences sur la vitesse des réactions. Le sel métallique était versé dans le sel alcalin, et l'on agitait vivement le mélange pendant une minute; un essai alcalimétrique faisait connaître la quantité de carbonate de soude qui n'était pas entrée en combinaison au bout de différents temps. On a considéré, comme *réaction immédiate*, celle qui s'accomplit pendant le temps de 5 à 6 minutes, nécessaire pour le filtrage du volume de liquide sur lequel on opérait ordinairement.

» *Sels de manganèse.* — A. *Température ordinaire.* — *a. Équivalents égaux, même dilution.* — Les chiffres suivants montrent que la réaction immédiate est considérablement retardée par la dilution :

Dilution de chaque sel	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{8000}$
Réaction immédiate; quantité de NaO, CO^2 p. 100 combiné	94,00	88,97	59,33	11,97

» Des expériences, dans lesquelles on a mélangé au carbonate alcalin différentes quantités de sulfate de soude, montrent que ce produit de la double décomposition influe aussi sur le ralentissement de la réaction. Cette influence augmente avec la dilution, jusqu'à un maximum au delà duquel elle décroît rapidement; du reste, 8 équivalents de sulfate de soude n'ont pas eu plus d'influence qu'un seul :

Dilution des sels.	Réaction immédiate. Quantité de NaO, CO^2 pour 100 combiné pour des mélanges de NaO, SO.		
	0 éq.	1 éq.	8 éq.
$\frac{1}{100}$	88,97	82,25	81,04
$\frac{1}{1000}$	59,93	44,00	44,00
$\frac{1}{8000}$	12,00	11,50	»

» C'est donc un effet complexe de l'augmentation de la dilution au fur et à mesure que les sels se combinent, et de l'influence du sulfate et du bicarbonate de soude, produits que l'on a étudiés en suivant, pendant trente jours, la réaction à équivalents égaux de solutions au $\frac{1}{1000}$ de carbonate

de soude et de sulfate de manganèse. La marche de la réaction, indiquée par les chiffres ci-dessous, est assez bien représentée par la formule $\frac{1}{N^2} - 1 = 13,50 . t$, dans laquelle N représente la proportion de carbonate alcalin existant dans le mélange, au bout du temps t.

		Jours.					
Durée de la réaction.	Immédiatement.	1	2	4	7	15	30
NaO,CO^2 combiné, pour 100.	60,27	78,85	79,88	86,56	87,23	92,67	94,90

» *b. Excès de l'un des sels.* — 1, 10, 50, 75 équivalents de l'un des sels à la dilution de $\frac{1}{10}$ ont été mélangés avec un équivalent de l'autre sel, dont la dilution était calculée de manière qu'après le mélange le volume fût de 242 centimètres cubes, le poids de l'équivalent du carbonate de soude étant $0^{gr},1$. Le tableau suivant montre que *la réaction immédiate diminue considérablement avec l'excès de l'un des sels, et que cette diminution persiste au bout de vingt-quatre heures pour des excès de 50 et 75 équivalents.*

		Quantités de MnO,SO^3.				Quantités de NaO,CO^2.		
		1 éq.	10 éq.	50 éq.	75 éq.	1 éq.	10 éq.	50 éq.
NaO,CO^2 combiné pour 100, dans la réaction	immédiate.....	43,80	40,00	4,47	1,23	21,80	1,04	0,00
	après 14 heures.	82,37	82,37	83,42	69,21	59,11	43,60	34,70

» Quelle qu'en soit l'explication, ces expériences rendent compte de la production de l'oxyde dans les réactions à la température ordinaire, pour des équivalents égaux à partir d'une certaine dilution, ou pour un excès du sel métallique à toute dilution : *le carbonate métallique est décomposé par le carbonate alcalin qui n'est pas encore entré en combinaison.*

» B. *Influence de la température.* — La double décomposition est notablement ralentie à zéro, et un peu accélérée à 100 degrés. Cela ne suffit pas toutefois pour expliquer que, avec un grand excès de sel alcalin, il ne se produit pas d'oxyde à zéro, et il faut invoquer l'action, très-lente à cette température, du carbonate de soude sur le carbonate métallique. Quant à la production dans les réactions à 100 degrés, avec des équivalents égaux, et de carbonate pur pour un certain excès de sel métallique, elle est due au retard inégal que subissent, à cette température, les réactions normale et secondaire, qui se produisent simultanément dans le premier cas, tandis que, dans le deuxième, la réaction secondaire est très-ralentie.

» II. *Phosphates.* — Nous devons rapprocher de ce qui précède les observations faites sur la réaction des phosphates alcalins et des sels métal-

liques : le phosphate neutre de manganèse se conserve sans altération sous l'eau ou sous une solution concentrée de phosphate acide de soude ; avec une altération très-légère sous le phosphate neutre, et est immédiatement décomposé par le phosphate basique. C'est encore par la tendance du sel alcalin à prendre une nouvelle quantité d'acide que l'oxyde se produit aux dépens des phosphates métalliques.

» III. *Borates.* — Nous n'avons jamais pu reproduire l'expérience par laquelle H. Rose a voulu démontrer la décomposition des borates alcalins par l'eau; 2 grammes de borax, étendus au $\frac{1}{5000}$ avec de l'eau distillée qui n'avait pas de réaction alcaline, n'ont pu ramener au bleu de tournesol légèrement acide, que $0^{gr},001$ de soude suffisait pour bleuir. L'eau ne décompose donc pas les borates alcalins, mais on sait qu'elle transforme facilement en oxydes les borates métalliques, que des solutions concentrées de borate neutre ou de biborate de soude n'altèrent presque pas. Aussi la réaction des borates alcalins et des sels métalliques, aux grandes concentrations, donne-t-elle du borate métallique pur, avec un excès de borate alcalin, et de l'oxyde avec un excès de sel métallique. Ici l'oxyde est dû à la décomposition du sel métallique par l'eau. »

MÉTALLURGIE. — *Recherches sur la dissolution des gaz dans la fonte, l'acier et le fer;* Note de MM. **L. Troost** et **P. Hautefeuille**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« Nous avons établi, dans notre dernière Communication (1), que le dégagement des gaz émis par la fonte en fusion résultait fréquemment de l'action du carbure de fer sur la silice et les silicates. On peut cependant extraire des gaz du métal fondu, sans qu'il y ait attaque des parois ou de scories interposées.

» La fonte, portée à une haute température, dans une nacelle en charbon, éprouve, dans le gaz hydrogène, une fusion tranquille; on n'observe aucune projection, aucun dégagement gazeux; mais si, après l'avoir laissée longtemps dans cette atmosphère, on diminue rapidement la pression du gaz hydrogène, on voit de nombreuses projections de globules métalliques et de paillettes de graphite attester le dégagement du gaz absorbé par le métal. Si l'on abaisse en même temps la température, la solidification se produit pendant le dégagement gazeux et la surface du lingot devient rugueuse; on exagère ainsi les effets ordinaires du *rochage*.

(1) *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 482.

» Le phosphore et le silicium exercent une influence sur la solubilité du gaz hydrogène dans la fonte; il suffit, pour s'en rendre compte, de faire quelques expériences comparatives. On reconnaît qu'il faut maintenir la fonte phosphorée beaucoup plus longtemps que la fonte ordinaire dans une atmosphère de gaz hydrogène, si l'on veut déterminer un bouillonnement sensible par diminution brusque de pression. Quant à la fonte très-riche en silicium, elle dissout si peu d'hydrogène que nous n'avons pu nous assurer de la solubilité de ce gaz qu'en faisant un vide complet pendant la solidification du métal et en constatant ensuite l'existence d'un rochage, qui, même dans ces conditions, est extrêmement faible.

» Une atmosphère d'oxyde de carbone ne donne pas les mêmes résultats; tandis que l'hydrogène se dissout en quantité notable dans la fonte, l'oxyde de carbone ne s'y dissout pas sensiblement, surtout si elle est très-carburée. On peut, après avoir laissé la fonte pendant plusieurs heures en contact avec une atmosphère de ce gaz, déterminer une diminution très-rapide de la pression sans que la surface du bain cesse d'être tranquille. Ce n'est qu'en produisant à la fois une diminution de pression et un abaissement de température, de manière à amener la solidification du métal, que l'on peut constater un faible rochage.

» Pour contrôler ces premiers résultats, nous avons extrait le gaz dissous ou emprisonné dans la fonte en *gueuse*. Un cylindre de fonte au bois, du poids de 500 grammes, chauffé à 800 degrés (1), a abandonné $16^{cc},7$ de gaz dans le vide sec, en cent quatre-vingt-dix heures. On a reconnu et dosé les gaz suivants :

	cc		
Acide carbonique	0,6	ou	3,59 p. 100.
Oxyde de carbone	2,8		16,76
Hydrogène	12,3		74,07
Azote	1,0		5,58
Volume total	16,7		100,00

» Ce résultat s'accorde avec celui que nous avons constaté pour les fontes très-carburées : l'oxyde de carbone est extrait en proportion beaucoup plus faible que l'hydrogène. Ajoutons que la majeure partie de l'oxyde de carbone abandonne le métal en quelques heures, tandis que l'hydrogène est retenu beaucoup plus énergiquement.

» Ce même cylindre, maintenu pendant quarante-huit heures à la tem-

(1) Cette température est mesurée à l'aide du pyromètre à carbonate de chaux de M. Lamy.

pérature de 800 degrés, sous la pression de $0^m,770$, dans une atmosphère d'hydrogène, dissout ce gaz en beaucoup plus grande quantité que lorsqu'on le maintient pendant le même temps et dans les mêmes conditions dans une atmosphère d'oxyde de carbone. En effet, si après chacune de ces opérations on soumet le cylindre à l'action du vide sec pendant cent soixante-dix heures, on constate que l'on retire trois fois plus de gaz dans l'expérience faite avec l'hydrogène que dans celle faite avec l'oxyde de carbone. C'est ce qui résulte des nombres suivants :

Gaz extrait après saturation du métal.

	Par l'hydrogène.		Par l'oxyde de carbone.	
	cc		cc	
Oxyde de carbone....	1,1	ou 2,36 p. 100.	14,7	ou 86,98 p. 100.
Hydrogène..........	44,0	94,42	1,5	8,87
Azote..............	1,5	3,22	0,7	4,15
Volume total....	46,6	100,00	16,9	100,00

» L'ordre de solubilité est donc le même que dans nos expériences sur la fonte en fusion; le métal à l'état solide rappelle, par la manière dont il se conduit en présence des gaz hydrogène et oxyde de carbone, les propriétés du métal liquide. Il ne paraît y avoir, au moment de la solidification, qu'un changement brusque de solubilité (1).

» Pour nous rendre compte de l'influence de la proportion de carbone dans le métal, nous avons fait des expériences comparatives en employant, au lieu de fonte, le fer ou l'acier.

» Un cylindre d'acier fondu, du poids de 500 grammes, maintenu à 800 degrés dans les mêmes conditions successives que la fonte de l'expérience précédente, a donné les résultats suivants :

	Gaz contenu dans le métal au sortir de la forge.		*Gaz extrait après saturation du métal.*			
			Par l'hydrogène.		Par l'oxyde de carbone.	
	cc		cc		cc	
Ac. carbonique.	0,05	ou 2,27 p. 100.				
Ox. de carbone.	1,40	63,65	0,9	ou 11,53 p. 100.	2,0	ou 62,50 p. 100.
Hydrogène....	0,50	22,72	6,4	82,05	0,8	25,00
Azote.........	0,25	11,36	0,5	6,42	0,4	12,40
	2,20	100,00	7,8	100,00	3,2	100,00

» Le volume des gaz que l'on parvient à extraire de l'acier par son exposition prolongée (cent quatre-vingt-dix heures) dans le vide sec, en

(1) M. Cailletet, en analysant les gaz émis par la fonte en fusion dans une poche de fonderie, y avait constaté une forte proportion d'hydrogène. (*Comptes rendus*, t. LXI, p. 850.)

l'employant d'abord tel qu'il sort de la forge, puis après saturation par l'hydrogène ou par l'oxyde de carbone dans les mêmes conditions que la fonte, est bien plus faible qu'avec ce dernier corps (1). De plus, l'acier retient avec plus d'énergie les dernières traces d'hydrogène, et cependant le métal, lorsqu'il est saturé de ce gaz, en abandonne déjà une partie à la température ordinaire; il se comporte donc comme le palladium.

» Un cylindre de fer doux pesant 500 grammes abandonne en cent quatre-vingt-dix heures dans le vide sec, à la température de 800 degrés, de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène et de l'azote. Les proportions relatives de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène sont à peu près les mêmes que pour l'acier, mais le volume total des gaz recueillis est plus considérable.

	Gaz extrait du fer doux.		*Gaz extrait après saturation du métal.*			
			Par l'hydrogène.		Par l'oxyde de carbone.	
Ac. carbonique.	2,2 cc	ou 11,89 p. 100.				
Ox. de carbone.	10,8	58,38	0,6 cc	ou 4,31 p. 100	13,7 cc	ou 97,85 p. 100.
Hydrogène....	4,4	23,78	10,0	71,94	0,2	1,43
Azote.........	1,1	5,95	3,3	13,75	0,1	0,72
	18,5	100,00	13,9	100,00	14,0	100,00

» Le fer retient avec plus d'énergie l'oxyde de carbone que l'hydrogène; c'est l'inverse de ce que nous avons observé pour la fonte et pour l'acier.

» Les nombres que nous avons obtenus pour le fer sont de beaucoup inférieurs à ceux que l'on a généralement admis depuis les expériences d'où Graham a conclu que le fer du commerce dissout de 7 à 12,5 fois son volume d'oxyde de carbone.

» La divergence de ces résultats tient-elle uniquement à ce que, au lieu d'employer, comme le chimiste anglais, du fer en fils de petit diamètre,

(1) Nous rappellerons que nous avons constaté qu'on peut avoir un dégagement très-prolongé d'oxyde de carbone en portant ce métal (fer, fonte ou acier) à une température assez élevée pour qu'il puisse y avoir réaction entre le carbure de fer et les scories interposées, ou encore en opérant à la température de 800 degrés en présence de petites quantités de vapeur d'eau; l'oxyde de carbone est, dans ce cas, accompagné d'hydrogène. C'est pour éviter ces causes d'erreur que nous avons toujours opéré dans le vide absolument sec, à une température ne dépassant pas 800 degrés, et en employant des cylindres extraits à froid et à sec de blocs homogènes d'un grand volume.

nous avons opéré sur des cylindres de 2,6 centimètres de diamètre? C'est ce que nous examinerons en faisant connaître nos expériences sur ces mêmes métaux réduits en petits fragments (1). »

PHYSIQUE. — *Nouvelles observations relatives à l'action prétendue des lames minces liquides sur les solutions sursaturées;* Note de M. D. **Gernez**, présentée par M. Pasteur.

« Dans une Communication récente (2), j'ai fait connaître un certain nombre d'expériences établissant que, contrairement aux affirmations de MM. Tomlinson et Van der Mensbrugghe, les lames minces liquides sont absolument incapables de provoquer la cristallisation subite des solutions sursaturées, et que ce phénomène n'est pas de ceux dont on peut rattacher l'explication à l'hypothèse de la tension superficielle des liquides.

» Cette Note a provoqué, de la part de M. Van der Mensbrugghe, une réponse (3) dont je vais dire seulement quelques mots, préférant substituer à une discussion stérile l'exposé d'expériences dont les résultats me paraissent de nature à clore définitivement le débat.

» Suivant M. Van der Mensbrugghe, ce serait par distraction que j'ai parlé de la tension superficielle comme d'une hypothèse : me sera-t-il permis de faire remarquer que, loin d'ignorer les expériences qui établiraient l'existence de cette tension, j'ai publié l'année dernière (4) un moyen simple de les répéter et de les varier, mais que je n'ai pas jugé qu'il y eût lieu de se départir, en faveur de la tension superficielle, de la réserve pratiquée par Newton lui-même lorsqu'il parlait de la gravitation universelle?

» Je m'étais aussi abstenu précédemment de faire ressortir le peu d'utilité qu'il y a réellement à opérer, comme l'a fait M. Tomlinson, en plein air et à la campagne, si l'on ne prend aucune disposition sérieuse pour éliminer l'effet des poussières cristallines que l'on dissémine autour de soi pendant les manipulations et qui suffisent pour faire cristalliser les solu-

(1) Nous ne pouvons pas comparer nos résultats à ceux qui ont été obtenus jusqu'ici avec les fers météoriques. Ces métaux ont généralement été chauffés dans des conditions où une partie des gaz extraits provenaient des réactions entre les éléments mélangés ou combinés de la météorite.

(2) *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 1705.

(3) *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 45.

(4) *Journal de Physique*, t. I, p. 324.

tions sursaturées; j'étais loin de soupçonner que cette réserve me vaudrait, de la part de M. Van der Mensbrugghe, le reproche « de n'avoir pas pris » une connaissance détaillée de l'article que je voulais réfuter », reproche auquel je ne m'arrêterai pas : j'aborderai immédiatement la question de l'influence des lames minces liquides sur les solutions sursaturées.

» Je constate d'abord que M. Van der Mensbrugghe, après avoir déclaré qu'il n'a réalisé par lui-même aucune des expériences sur les solutions sursaturées, veut bien reconnaître que les propositions générales émises par lui en collaboration avec M. Tomlinson ne peuvent plus s'appliquer aux solutions *concentrées* de sulfate de soude; il croit cependant qu'elles conviennent aux solutions étendues, et, à l'appui de cette assertion, il cite des expériences faites sur une solution de parties égales de sulfate de soude et d'eau touchées par les huiles de phoque, de graines de coton, de spermaceti et niger : je vais examiner la valeur de cette proposition restreinte. Dans des ballons contenant la solution formée de poids égaux de sulfate de soude et d'eau, j'ai introduit une goutte de chacune des dix-huit substances essayées déjà sur des solutions plus concentrées, et aucune d'elles, après s'être étalée en lame mince, n'a provoqué la cristallisation. Si je n'ai pas mentionné dans ma première Note l'action des huiles de phoque, de graines de coton, de spermaceti et niger, c'est que, de toutes les substances essayées par M. Tomlinson, ces huiles sont les seules que je n'avais pu me procurer; mais, depuis, j'ai reçu de Londres des échantillons de ces huiles, à l'exception de l'huile niger, et j'ai constaté sur la solution précédente, et aussi sur des solutions plus concentrées, qu'elles n'ont pas plus d'efficacité que les autres substances,

» Pour donner plus de force à la démonstration, j'ai préparé deux autres séries de solutions sursaturées moins concentrées encore, contenant, pour 100 parties d'eau, l'une 90 parties de sulfate de soude, et l'autre 75 parties du même sel. Ces solutions étant maintenues à une température de 6 degrés, où il y avait sursaturation, j'ai essayé les vingt et une substances précédentes, étalées en lame mince, et je n'ai pas une seule fois constaté la cristallisation subite de la solution. Ces soixante-trois essais, tous concordants, prouvent qu'il faut encore abandonner la nouvelle proposition de M. Van der Mensbrugghe, et admettre que les liquides qui s'étalent en lame mince à la surface des solutions sursaturées de sulfate de soude de concentration quelconque n'en déterminent jamais, par un effet de capillarité, la cristallisation subite.

» Pour ce qui est des solutions sursaturées des autres sels que j'ai indi-

qués, leur étude, dont je supprime les détails pour abréger, conduit aux mêmes résultats. J'ajouterai que, si je n'ai pas donné la valeur des tensions superficielles des solutions d'acétate et d'hyposulfite de soude et de sel de Seignette, c'est que je croyais inutile d'entrer dans la discussion d'une théorie fondée sur des expériences dont je démontrais l'inexactitude; mais, pour me rendre au désir de M. Van der Mensbrugghe, je dirai que les valeurs de ces tensions sont supérieures à (5, 1), valeur qu'il attribue à la tension du sulfate de soude : d'où il suit que les expériences que j'ai indiquées contredisent davantage encore la théorie fondée sur la considération de la tension superficielle.

» Toutes ces expériences sont d'une netteté parfaite et faciles à réaliser, pour peu qu'on soit en garde contre l'accès des poussières cristallines de la substance dissoute; mais, comme elles exigent quelques dispositions expérimentales destinées à écarter ces parcelles infiniment petites, je crois utile d'indiquer un sel dont les solutions sursaturées peuvent être manipulées sans qu'il soit nécessaire de prendre la moindre précaution spéciale : c'est l'azotate de chaux cristallisé pur, qui n'existe pas dans l'air et dont les cristaux déliquescents ne peuvent y séjourner sans se dissoudre rapidement dans l'humidité atmosphérique. En ajoutant quelques gouttes d'eau aux cristaux d'azotate de chaux, et faisant chauffer, on obtient une solution sursaturée qu'on peut transvaser à froid ou abandonner pendant des mois entiers au sein d'un laboratoire, dans des ballons largement ouverts dont le col est dressé verticalement, sans qu'il y ait cristallisation. J'ai touché cette solution avec les vingt et une substances indiquées précédemment, elles se sont étalées en lames minces à la surface, sans provoquer une seule fois la cristallisation, et pourtant la solution sursaturée était dans les conditions les plus favorables pour cristalliser, puisque sa tension superficielle avait pour valeur 10,04

$$\left(\frac{r}{2} = 0^{\text{mm}},198, \quad h = 29^{\text{mm}}, \quad d = 1,748\right).$$

» Il me semble résulter de ces diverses expériences qu'il n'y a aucune relation entre la tension superficielle des liquides et la cristallisation subite des solutions sursaturées, à un degré quelconque de concentration, et qu'il n'y a pas lieu de cesser d'attribuer ce phénomène, comme je l'ai démontré le premier, au contact d'une parcelle cristalline du corps dissous ou d'un corps isomorphe (1).

(1) C'est ainsi qu'une parcelle d'un alun quelconque fait cristalliser les solutions sursatu-

» Pour terminer, je dirai quelques mots d'une assertion de MM. Tomlinson et Van der Mensbrugghe, reposant sur une erreur manifeste d'expérience et que j'avais cru inutile de relever : c'est que le sulfate de soude pur à dix molécules d'eau ne provoquerait pas la cristallisation de sa propre solution sursaturée. Jusqu'ici tous les observateurs avaient affirmé le contraire.

» M. Ch. Viollette, qui avait jugé depuis longtemps que ce point méritait un examen expérimental particulier, a réclamé à ce sujet (1) une priorité que moins que personne je songerais à lui contester. En effet, dans une solution sursaturée de sulfate de soude, chacun sait que la cristallisation, une fois commencée en un point de la masse, continue par l'adjonction de nouveaux cristaux aux cristaux de sulfate de soude qui viennent de se produire, jusqu'à ce que la solution, quel qu'en soit le volume, soit entièrement solidifiée. Si les cristaux de sulfate de soude pur étaient inactifs, il est clair que la cristallisation serait purement locale et ne pourrait pas se propager d'un bout à l'autre de la masse liquide.

» Il est une autre réclamation de priorité que M. Ch. Viollette a présentée en même temps et à laquelle il me met en demeure, je ne sais pourquoi, de répondre : elle est relative à l'application qu'il a faite, pour l'étude des solutions sursaturées de sulfate de soude, d'un appareil imaginé par M. Pasteur, à l'occasion de ses mémorables recherches sur les générations dites spontanées. Je n'ai jamais contesté que M. Ch. Viollette ait fait usage de cet appareil; j'ajouterai que je ne m'en suis jamais servi dans mes recherches, par la raison que j'ai pu arriver immédiatement, par des dispositions beaucoup plus simples, à des résultats très-satisfaisants et tout à fait définitifs, tandis que M. Ch. Viollette, après s'être servi de l'appareil compliqué dont il s'agit, et à la date de 1860 qu'il invoque, prétendant que « la question » était décidée et résolue alors par une méthode rigoureuse », a annoncé (2) « qu'il se pourrait que la substance qui détermine la cristallisation des so- » lutions sursaturées agit comme un corps avide d'eau », tels que la chaux et la baryte, résultat dont l'inexactitude a été prouvée par mes expériences, avant qu'elle n'ait été reconnue par M. Ch. Viollette lui-même. »

---

rées des autres aluns, par exemple de l'alun de thallium; que le sulfate de soude fait cristalliser les solutions sursaturées de séléniate et de chromate de soude.

(1) *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 171.

(2) *Mémoires de la Société des Sciences de Lille*, 2e série, t. VII, p. 185; 1860.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Modifications du spectre de la chlorophylle sous l'influence des alcalis;* Note de M. J. CHAUTARD, présentée par M. Pasteur.

« L'action que les alcalis exercent sur la chlorophylle, étudiée par M. Fremy dans ses belles recherches sur la composition chimique de la matière verte des plantes, peut se caractériser facilement au spectroscope à l'aide de certaines particularités, aussi curieuses qu'imprévues, qui n'ont point été indiquées jusqu'ici.

» Si l'on traite une dissolution alcoolique de chlorophylle par quelques gouttes d'une solution de potasse caustique ou par l'ammoniaque, il ne se manifeste en apparence aucun changement bien profond. La couleur de la dissolution reste la même et les quatre bandes de la première région du spectre ne semblent nullement altérées; mais, en opérant à chaud, avec la potasse surtout, les choses se passent différemment et le résultat est tellement précis qu'il constitue un des caractères fondamentaux du spectre de la chlorophylle.

» En supposant toujours l'appareil réglé comme je l'ai indiqué dans une Note précédente, la bande noire spécifique du rouge se dédouble en deux raies, fixes de position, mais dont la largeur et l'intensité dépendent d'une action plus ou moins prolongée. Les autres raies propres à la chlorophylle ont en même temps disparu à peu près complétement.

» On peut arriver à ce résultat, soit en faisant bouillir une dissolution alcoolique de chlorophylle avec un petit fragment de potasse; soit, et mieux encore, en traitant directement des feuilles (lierre, mercuriale, choux, jusquiame, belladone, pariétaire, etc.) par de l'eau à l'ébullition contenant $\frac{1}{100}$ de potasse. L'eau, qui dans les conditions ordinaires ne retient que quelques millièmes de son poids de chlorophylle, ainsi que je m'en suis assuré à diverses reprises, en dissout ici une plus grande quantité et prend une teinte olive foncée. Le spectre de la dissolution offre le dédoublement de la raie noire propre au rouge; une première portion apparaît de 19 à 22 degrés du micromètre, une seconde se montre de 26 à 29 degrés, se détachant l'une et l'autre sur la teinte rouge vif qui les précède, les sépare et les suit.

» En traitant par l'alcool les feuilles qui surnagent la dissolution précédente, on reconnaît sur le spectre de la teinture verte ainsi obtenue un dédoublement identique, sinon plus net, de la même bande. Mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est l'impressionnabilité de la liqueur sous l'influence de divers réactifs.

» Ainsi, vient-on à verser dans ce liquide quelques gouttes d'acide acétique concentré, immédiatement la double raie s'évanouit, les deux bandes noires se rejoignent en se resserrant de 21 à 28 degrés environ. Si l'on fait suivre cette addition d'acide acétique de celle d'un peu d'ammoniaque, aussitôt les deux bandes réapparaissent comme précédemment ; une nouvelle quantité d'acide acétique les ferait se rejoindre ; puis elles se reformeraient à l'aide de l'ammoniaque, et cela cinq à six fois de suite, jusqu'à ce que la teinte de plus en plus pâle des bandes mette obstacle à leur manifestation. Enfin, si, après la première ou la seconde saturation par l'ammoniaque, on abandonne quelques heures le liquide à lui-même, on voit surgir une troisième bande vers 18 degrés. Ces trois raies, séparées par un intervalle rouge de 1 ou 2 degrés du micromètre, possèdent ordinairement la même intensité ; cependant il m'est arrivé parfois de constater sur l'une d'elles quelque différence, sans trop pouvoir assigner la cause de cette anomalie.

» Le sulfhydrate d'ammoniaque, par une action prolongée de quelques jours sur la teinture alcaline de chlorophylle, donne également naissance à la troisième bande.

» Si l'on remplace l'acide chlorhydrique par l'acide acétique, il peut se faire que l'une des trois raies vienne à manquer tout à fait; elle est remplacée alors par une autre bande située dans une région différente du spectre ; toutefois, dans ce cas, l'instabilité de cette raie est telle, qu'il m'est difficile de donner une conclusion générale, tant pour l'apparence que pour le mode de production du phénomène.

» Au contraire, la production des deux raies par la potasse réussit toujours à merveille, non-seulement sur la chlorophylle fraîche, mais encore sur celle qui a subi l'action du temps, de l'air, des acides, ou qui se trouverait accidentellement mélangée à divers produits. C'est là le fait important et pratique que je désire faire ressortir de ce travail. On peut rencontrer effectivement, sur les spectres que j'ai signalés dans une autre Communication et obtenus à l'aide de teintures de matières excrémentitielles, les raies propres à la chlorophylle mélangées à celles de la bile ; or il suffira d'un traitement par la potasse pour opérer la distinction des secondes d'avec les premières.

» Ces phénomènes, bien sensibles à l'aide de la flamme d'un simple bec de Bunsen, acquièrent une grande netteté en agissant avec une lampe modérateur ou un bec à couronne dont la flamme est renvoyée, au moyen d'une lentille, sur la dissolution placée devant la fente du spectroscope. Ils

gagneraient peu si l'on employait un plus fort éclairage, tel que celui d'une lampe de Drummond ou de Bourbouze, indispensable au contraire lorsqu'on veut examiner les bandes de la chlorophylle dans les régions bleues et violettes du spectre.

» En terminant, et comme appendice à cette Note, je me permettrai de signaler encore à l'Académie les magnifiques raies de la teinture d'*Hypericum perforatum*. Cette teinture doit sa belle couleur rouge à une résine particulière se caractérisant par *cinq* bandes obscures légèrement estompées sur les bords et d'une alternance parfaitement régulière. Ce spectre, par son éclat, rappelle celui de certains gaz et constitue, en projection, une des plus belles expériences de cours que l'on puisse réaliser. »

CHIMIE. — *Application de l'ozone concentré à l'étude de la Chimie organique : ozobenzine;* Note de MM. **A. Houzeau** et **A. Renard**, présentée par M. Cahours.

« Les procédés employés jusqu'à ce jour pour déterminer des phénomènes d'oxydation, en Chimie organique, consistent généralement à faire usage de composés riches en oxygène, tels que l'acide chromique, l'acide azotique, ou des mélanges capables de dégager de l'oxygène à des températures plus ou moins élevées (acide sulfurique et peroxyde de manganèse ou bichromate de potasse, etc.). Il en résulte parfois que l'action oxydante se complique de l'action même des éléments constitutifs de ces mélanges et qu'elle peut encore être dénaturée, dans ses effets primordiaux, par la chaleur employée pour dégager l'oxygène. Il est évident que des produits d'oxydation qui seraient instables, par exemple à + 80 degrés, passeraient inaperçus et ne pourraient exister dans des produits formés à une température bien supérieure. A plus forte raison en serait-il de même pour des substances oxydées qui s'altèrent à la température ordinaire.

» Pour ces motifs, nous avons pensé que l'emploi, à de faibles températures, d'un oxydant neutre et aussi énergique que l'ozone concentré, et que l'un de nous continue de croire être l'état primitif sous lequel l'oxygène se rencontre dans les combinaisons, pourrait servir à effectuer, par voie directe, de nombreuses oxydations, sans autre complication possible que l'action même de l'oxygène sur les produits obtenus.

» La facilité même avec laquelle on prépare l'ozone concentré, avec un simple tube que chacun peut construire, nous permet d'espérer que désormais l'instrument et l'agent oxydant qu'il fournit entreront dans la pra-

tique des laboratoires. Nous avons, d'ailleurs, été encouragés à suivre cette voie par les conseils de M. Cahours. Les quelques résultats nouveaux, obtenus par l'emploi de cette méthode d'oxydation par voie directe, justifient déjà cette prévision.

» La première partie de notre travail comprend l'étude de l'action de l'ozone sur les carbures d'hydrogène. Nos essais ont porté sur les premiers termes des trois séries suivantes : $C^{2n}H^{2n-6}$; $C^{2n}H^{2n}$; $C^{2n}H^{2n+2}$.

» *Action de l'ozone sur la benzine*, $C^{12}H^{6}$ ($\mathrm{C}6H^{6}$) *ozobenzine.* — En faisant réagir de l'ozone concentré sur de la benzine pure, bouillant à 81 degrés, elle se transforme bientôt en produits acides, parmi lesquels se rencontrent les acides formique et acétique. En même temps, il se dépose un corps solide, d'aspect gélatineux, que nous désignerons, jusqu'à ce que sa fonction chimique nous soit connue, sous le nom de *ozobenzine*, qui rappelle au moins son origine.

» Desséchée dans le vide, l'ozobenzine se présente sous forme d'un corps solide, blanc, amorphe. C'est une substance éminemment explosible. Elle détone avec violence sous l'influence du choc ou de la chaleur seule; elle est pour cette raison dangereuse à manier. Quelques décigrammes qu'on fait détoner produisent une telle commotion dans l'air, que les vitres de l'appartement sont infailliblement brisées. Aussi ne doit-on en faire usage, pour ces expériences, qu'à la dose de 3 à 5 milligrammes.

» L'ozobenzine est peu stable; abandonnée dans l'air, dans l'acide carbonique, ou dans le vide, elle s'altère rapidement et se transforme d'abord en un corps gluant, puis en un liquide jaunâtre, sirupeux, riche en acide acétique.

» L'eau la dissout en l'altérant. Cette dissolution brunit au contact des alcalis, soude ou ammoniaque. Parmi les produits de la décomposition aqueuse de l'ozobenzine, on constate la présence des acides acétique, formique, ainsi que celle d'un acide solide très-soluble, se colorant en brun par la potasse ou la soude et réduisant à froid le nitrate d'argent. Il se forme, en outre, un composé doué d'une odeur agréable et sans aucune réaction acide.

» *Action de l'ozone sur l'éthylène* $C^{4}H^{4}$ ($\mathrm{C}^{2}H^{4}$), *combustion instantanée.* — Un mélange d'hydrogène bicarboné et d'ozone détone violemment sans le concours de la lumière, de la chaleur ou de l'électricité. Il suffit d'opérer avec de l'ozone assez concentré. Celui que nous employons contient, en minimum, ainsi que l'un de nous l'a déjà indiqué, 60 milligrammes

d'ozone (1) par litre d'oxygène ayant traversé le tube ozoniseur à simple ou double effet. (Dosage contrôlé par la méthode de M. Paul Thenard.)

» On répète sans danger cette expérience dans les cours publics, en faisant arriver lentement dans un tube un peu large (diamètre = 8 à 10 millimètres) un courant d'hydrogène bicarboné obtenu par la réaction de l'acide sulfurique sur l'alcool ; puis, à l'aide d'un autre tube plus étroit et pénétrant d'environ un centimètre dans le tube rempli d'éthylène, on dirige assez lentement un courant d'ozone le plus concentré possible, tel qu'il sort directement de l'appareil ozoniseur. A chaque bulle d'ozone qui arrive, une détonation se produit. En général, la combustion vive de l'éthylène est précédée de vapeurs blanches qui proviennent de la combustion lente du gaz.

» En remplaçant l'ozone concentré par l'ozone faible, on confirme la production de l'acide formique signalée par M. Schœnbein, en même temps qu'on constate la formation d'intenses vapeurs blanches complétement absorbables par une solution étendue d'acide sulfurique. En outre, nous nous sommes assurés qu'il se produisait de l'acide carbonique.

» *Action de l'ozone sur l'hydrure de méthyle* $C^2H^4C(CH^4)$. — A la température ordinaire, l'action de l'ozone paraît être nulle sur l'hydrure de méthyle, du moins dans les conditions où nous avons opéré.

» Nous poursuivons ces recherches. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Note sur l'anthracénamine*; par M. T.-L. Phipson.

» J'ai obtenu cette nouvelle base de la manière suivante :

» On ajoute de l'anthracen en poudre, peu à peu, en remuant, et en aussi grande quantité que possible, à un peu d'acide nitrique ordinaire, contenu dans une capsule qu'on peut refroidir au besoin. On obtient une masse molle, brun rougeâtre, qui fond aisément, qui peut être tirée en longs filaments jaune d'or, et qui se dessèche en une masse résineuse brun rougeâtre. Cette substance contient une certaine quantité de mononitranthracen $C^{28}H^9AzO^4$, soluble dans l'alcool, d'où il cristallise en petites aiguilles jaunes. (Si l'on fait bouillir avec un excès d'acide, on obtient plusieurs autres produits et beaucoup d'oxanthracen.)

» On lave le produit et on l'introduit dans une fiole avec de l'étain et de

(1) A la température ordinaire et en ne tenant compte que de la partie de l'ozone qui se fixe sur l'iodure de potassium ou l'acide arsénieux.

l'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau, et l'on fait bouillir doucement pendant une demi-heure ou une heure, suivant les quantités, puis on filtre. La liqueur filtrée est une solution aqueuse de chlorure d'anthracénamine et de chlorure d'étain..J'ai extrait l'anthracénamine de cette solution, au moyen de la potasse en excès, qui dissout l'oxyde d'étain et laisse la base organique, mais il faut répéter l'opération deux fois pour enlever tout l'étain.

» L'anthracénamine ainsi obtenue se présente sous forme d'un corps pulvérulent, jaune très-pâle, formant des sels solubles et cristallisables avec les acides chlorhydrique et sulfurique. Il est très-soluble dans l'alcool, d'où l'eau le précipite plus ou moins, et n'est que légèrement soluble dans l'eau; son odeur est faible, mais son goût est poivré et persistant, comme celui d'une substance encore inconnue, qui existe dans les feuilles de l'*Arum maculatum*. Les sels acides, même assez étendus, traités par quelques grains de bichromate de potasse, prennent une belle couleur vert d'émeraude et précipitent une poudre de cette couleur, soluble dans l'alcool. (Cette solution, examinée au spectroscope, n'a présenté aucun caractère particulier.) Cette réaction du bichromate de potasse est caractéristique de l'anthracénamine; elle ne se fait pas avec l'oxyde puce de plomb, ni avec l'hypochlorite de chaux, qui paraît donner un corps chloré, brun et huileux, mais elle se produit bien avec l'acide nitrique concentré.

» D'après la quantité d'azote trouvé, je conclus que la composition de l'anthracénamine est $C^{28}H^{11}Az$. Par l'oxydation au moyen du bichromate, elle passe à l'état d'une nouvelle substance basique. Comme la naphtalamine et ses sels, l'anthracénamine est assez facilement altérée. Il y a environ deux ans que je l'ai obtenue pour la première fois, mais je ne puis encore lui consacrer assez de temps pour l'étudier complétement.

» En traitant par l'acide chlorhydrique l'huile verte extraite par la pression de l'anthracen brut, j'ai obtenu également une base ayant des propriétés et une composition fort semblables, sinon identiques, à celles de l'anthracénamine. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés du tétrachlorure de naphtaline;* 2e Note de M. E. GRIMAUX, présentée par M. Wurtz.

« Le tétrachlorure de naphtaline, soumis à l'ébullition pendant quelques jours avec trente fois son poids d'eau, se saponifie partiellement en donnant une sorte de glycol, soluble dans l'eau, de la formule $C^{10}H^{8}Cl^{2}(OH)^{2}$,

ainsi que je l'ai démontré l'an dernier (*Comptes rendus*, t. LXXV, p. 351, 1872). J'ai décrit les éthers diacétique et dibenzoïque, qui prouvent la fonction d'alcool diatomique de ce corps, désigné sous le nom de *glycol naphthydrénique bichloré*.

» Il était important de voir si l'on arriverait à remplacer le chlore, soit par l'oxhydrile, de manière à obtenir un alcool tétratomique, soit par l'hydrogène, pour former le glycol naphthydrénique $C^{10}H^{10}(OH)^2$. Les recherches entreprises à ce sujet ont donné des résultats différents de ceux qu'on pouvait prévoir, et ajoutent des faits intéressants à l'histoire des composés d'addition de la série aromatique.

» Lorsqu'on soumet à la distillation une solution de glycol naphthydrénique bichloré avec de la poudre de zinc, il passe immédiatement avec les vapeurs d'eau des aiguilles blanches et légères. Ce composé ayant été purifié par la sublimation ou par plusieurs cristallisations dans l'eau bouillante, on a reconnu qu'il est identique avec l'α-naphtol $C^{10}H^7OH$, obtenu jusqu'à présent par la fusion des sulfonaphtalates avec la potasse. Cette identité a été mise hors de doute par l'examen comparatif des propriétés de ce corps et du naphtol : point de fusion à 96 degrés, solubilité dans l'eau, sublimation, coloration en violet par le chlorure de chaux, et enfin par l'analyse, qui a donné les chiffres exigés par la formule $C^{10}H^8O$. La production de l'α-naphtol par l'hydrogénation de $C^{10}H^8Cl^2(OH)^2$ est représentée par l'équation

$$C^{10}H^8Cl^2\left\{\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right. + H^2 = C^{10}H^7OH + 2HCl + H^2O.$$

» La transformation est presque totale sans qu'il se forme de produits secondaires. Il est assez singulier de voir un phénol se produire dans une action hydrogénante.

» Quant à l'action des alcalis sur le corps $C^{10}H^8Cl^2(OH)^2$, elle n'a pas donné de résultats satisfaisants : avec la potasse ou l'eau de baryte, qu'on opère en présence de l'air ou dans une atmosphère de gaz d'éclairage, on obtient toujours une résine rougeâtre, friable, fusible au-dessus de 100 degrés, insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis, la benzine, l'éther, l'alcool, mais qui a refusé de cristalliser; aussi n'en a-t-on pas poursuivi l'étude.

» On a alors essayé d'enlever le chlore par l'action de l'eau à une haute température. Si l'on chauffe pendant vingt-quatre heures, à 150 degrés, une partie de $C^{10}H^8Cl^2(OH)^2$ avec 30 parties d'eau, on constate, par un

dosage acidimétrique, que la totalité du chlore a été mise en liberté à l'état d'acide chlorhydrique. La majeure partie du produit est transformée en une résine noire, cassante, fusible à 180 degrés, et la solution aqueuse renferme un composé cristallisé en petites aiguilles qu'on retire en distillant la solution jusqu'à ce qu'elle soit réduite au sixième de son volume primitif, la laissant refroidir, recueillant rapidement les cristaux sur un filtre, les comprimant et les desséchant dans le vide.

» On obtient ainsi une masse jaune ou légèrement rosée, de petites aiguilles, qui me paraissent être l'oxynaphtol ou hydronaphtoquinone

$$C^{10}H^{6}(OH)^{2}.$$

» Ce corps est excessivement altérable : il se dissout dans l'eau, mais ses solutions évaporées à l'air libre rougissent et déposent des matières résineuses insolubles. Il se dissout dans l'éther, mais il ne peut en être retiré sans altération. Les solutions éthérées, évaporées même dans un courant d'acide carbonique, se colorent peu à peu et laissent une masse rouge mêlée de cristaux.

» Il se dissout dans les alcalis, les carbonates alcalins, l'eau de chaux, l'eau de baryte, en s'oxydant immédiatement et donnant des solutions d'un rouge foncé. Ces solutions sont décolorées par les agents réducteurs, poudre de zinc, glucose, et se colorent de nouveau par l'agitation à l'air.

» La solution d'oxynaphtol additionnée de chlorure ferrique s'oxyde en précipitant des flocons d'un jaune brun, qui se dissolvent dans les alcalis en donnant la même coloration rouge, mais sans exiger l'intervention de l'air. Elle réduit, à froid, l'azotate d'argent, et à l'ébullition le tartrate cupropotassique.

» L'oxynaphtol, soumis à l'action de la chaleur, se colore en brun violet déjà au-dessous de 100 degrés, puis se transforme en une résine noire, fusible à 180 degrés.

» J'ai dit que ce corps me paraît être l'hydronaphtoquinone, d'après l'ensemble de ses propriétés et d'après ce fait, que, dans l'action de l'eau sur $C^{10}H^{8}Cl^{2}(OH)^{2}$, la totalité du chlore est mise en liberté à l'état d'acide chlorhydrique. Il prendrait naissance en vertu des équations suivantes, supposant l'existence passagère d'un composé intermédiaire $C^{10}H^{12}O^{4}$:

$$C^{10}H^{8}Cl^{2}\left\{\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right. + 2H^{2}O = C^{10}H^{8}(OH)^{4} + 2HCl,$$

$$C^{10}H^{8}(OH)^{4} = C^{10}H^{6}(OH)^{2} + 2H^{2}O.$$

» Malheureusement je n'ai pu avoir d'analyses satisfaisantes; la petite quantité de ce produit [20 grammes de $C^{10}H^8Cl^2(OH)^2$ en donnent moins d'un gramme], la difficulté de le purifier ne m'ont pas permis de l'obtenir à l'état de pureté absolue. Comme il cristallise dans une solution renfermant de l'acide chlorhydrique, il retient des traces de chlore et les analyses ont toujours donné un déficit de 2 à 2,5 pour 100 de carbone.

» Si l'on considère la manière dont se comporte le glycol naphthydrénique bichloré avec l'acide chlorhydrique, qui fournit le naphtol chloré $C^{10}H^6Cl, OH$, comme il a été dit dans un premier Mémoire, avec l'hydrogène et avec l'eau, on voit que les composés d'addition de la naphtaline sont peu stables et qu'ils passent facilement au groupement solide de la naphtaline, $C^{10}H^8$.

Naphtaline....................	$C^{10}H^8$
Naphtol.......................	$C^{10}H^7, OH$
Naphtol chloré................	$C^{10}H^6Cl, OH$
Oxynaphtol....................	$C^{10}H^6, (OH)^2$.

» Ces recherches ont été faites au laboratoire de M. Wurtz. »

PHYSIOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur l'influence que les changements dans la pression barométrique exercent sur les phénomènes de la vie ;* 9[e] Note de M. **P. Bert**, présentée par M. Claude Bernard.

« J'ai montré, dans ma 6[e] Note (*Comptes rendus*, 19 août 1872), que les accidents qui frappent soudainement les hommes et les animaux ramenés avec trop de rapidité d'une pression de plusieurs atmosphères à la pression normale sont dus au retour à l'état libre de l'azote, qui s'était dissous en excès dans leur sang.

» Les bulles de gaz peuvent n'intercepter la circulation que dans certains points du corps, et en particulier dans la région lombaire de la moelle épinière, d'où résultent des paraplégies et des ramollissements ; mais lorsqu'elles apparaissent en quantité suffisante, elles obstruent les poumons, gonflent et arrêtent le cœur, causant ainsi une mort plus ou moins rapide.

» Depuis la présentation de cette Note, j'ai vu que le danger de la décompression brusque varie suivant les espèces animales et même d'une façon souvent très-remarquable, dans une même espèce, suivant les individus. Ainsi, pour les moineaux, la mort subite ne survient guère avant 11 atmosphères; pour les lapins et les chats, la limite est d'environ

9 atmosphères; pour les chiens, elle oscille entre 7 et 8. Il semble que le danger soit d'autant plus redoutable que l'espèce atteint une plus grande taille: or, chez l'homme, on a constaté des accidents mortels dès 5 atmosphères.

» Chez les chiens, la règle est que la paraplégie survient vers 7 atmosphères, et la mort vers 7 $\frac{1}{2}$. Il y a cependant des exceptions, et la plus remarquable m'a été fournie par une chienne qui a supporté, sans accidents sérieux, des décompressions brusques partant de 7 $\frac{1}{2}$, 8 et même 8 $\frac{1}{2}$ atmosphères.

» Je me suis attaché à rechercher l'explication de ces étranges inégalités. J'ai constaté d'abord que le sang artériel d'un chien qui respire de l'air à la pression normale est à peu près saturé d'azote, à la même pression. Aussi, en recueillant avec soin, sous le mercure, le sang de chiens soumis à des pressions croissantes, j'ai vu les bulles de gaz commencer à apparaître aux environs de 3 atmosphères. Cependant, les accidents ne se manifestent que vers 7 atmosphères. Il y a donc, entre 3 et 7 atmosphères, une période dans laquelle le sang des chiens décomprimés doit contenir des gaz libres, sans que les animaux paraissent en souffrir. C'est sans doute parce que ces bulles sont tellement fines qu'elles peuvent traverser sans encombre les capillaires, jusqu'à ce qu'elles arrivent à disparaître. Il n'en est pas moins vrai que les animaux sont, dans cette période, sous la menace imminente de dangers plus ou moins graves; et, si mes expériences avaient été plus nombreuses, je ne mets pas en doute que certains accidents ne se fussent manifestés, à des pressions relativement basses. C'est ce qu'on voit chez les plongeurs et les ouvriers des tubes, dont quelques-uns sont paralysés ou même tués par des décompressions qui n'incommodent pas sérieusement les autres, dont certains succombent un jour à des décompressions qu'ils avaient déjà impunément subies. Dans cette période, il suffit que les bulles se collectent d'une façon particulière, sous l'influence de circonstances secondaires, pour que les accidents surviennent.

» Je ne me tenais cependant pas pour satisfait de ces explications, et m'efforçais de serrer de plus près ce problème complexe, lorsqu'il m'arriva un accident qui me force à interrompre pour un certain temps mes travaux, et qui me détermine à présenter aujourd'hui à l'Académie des faits non complétement élucidés.

» J'avais placé un chien sous une pression de 10 atmosphères qui, après une heure de séjour, n'était plus que 9 $\frac{1}{2}$ environ, lorsque l'une des plaques de verre par laquelle je venais d'examiner l'animal, bien portant à ce

moment se brisa avec une forte explosion; l'appareil fut arraché de ses supports et projeté par un violent recul.

» Je n'ai pas besoin de dire que l'animal fut instantanément tué; ses vaisseaux étaient, comme à l'habitude, remplis de gaz; mais pour la première fois je trouvai des gaz dans la cavité du ventre, qui en était gonflé, avec un emphysème général du tissu cellulaire sous-cutané et intra-musculaire. Ainsi les gaz qui doivent redevenir libres peuvent s'emmagasiner non-seulement dans le sang, mais dans les autres sucs de l'économie; si je ne les avais pas vus jusqu'ici, c'est que la décompression n'avait pas été suffisamment brusque, ou que les animaux n'étaient pas restés assez longtemps sous pression. Dans tous les cas, les horribles démangeaisons que les ouvriers des tubes désignent sous le nom de *puces*, les gonflements musculaires qu'ils appellent *mouton*, me paraissent devoir être rapportés à une légère infiltration gazeuse du tissu cellulaire.

» Je regrette d'autant plus l'interruption de mes travaux, que j'étudiais précisément les moyens de prévenir les accidents de la décompression et d'en conjurer les redoutables conséquences. Bien que mes résultats soient encore incomplets, je crois qu'ils présentent déjà une utilité pratique qui m'impose le devoir de les faire connaître dès aujourd'hui.

» Comment prévenir les accidents? Évidemment par une décompression prudente et mesurée. Lorsqu'on arrive à 9 ou 10 atmosphères, il faut, pour mettre l'animal à l'abri de tout danger, que la décompression marche avec une lenteur d'au moins 12 minutes par atmosphère. Il m'a semblé trouver quelque avantage à ne pas décomprimer très-régulièrement, mais à procéder par chutes brusques de 1 à 2 atmosphères, en laissant l'animal pendant un certain temps à l'équilibre : on gagnerait ainsi quelques minutes au total.

» Les accidents survenus, la paralysie commençante, la mort imminente, peut-on conjurer ce formidable danger, et comment? La première idée qui s'est présentée à moi a été de recomprimer l'animal, afin de redissoudre les gaz devenus libres; il aurait ensuite suffi de le décomprimer plus prudemment. Je crois l'idée bonne, mais mes appareils ne m'ont pas permis de la réaliser : il me fallait une heure pour remonter à 10 atmosphères, et l'animal était mort avant. Je pense cependant qu'il y a là un procédé utilisable, surtout chez les plongeurs, qu'on peut instantanément redescendre dans les profondeurs de la mer.

» Désarmé de ce côté, j'ai dû chercher autre chose. Pourquoi la mort arrive-t-elle? Parce que les bulles d'azote s'emmagasinent dans le cœur

droit et dans les artères pulmonaires. Elles restent là, sans se dissoudre, parce que le sang est saturé d'azote, sans se diffuser, parce que l'air des alvéoles contient $\frac{4}{5}$ d'azote; mais j'étais en droit d'espérer, en faisant respirer à l'animal un gaz ne contenant pas d'azote, que la diffusion s'opérerait assez vite peut-être pour permettre à la circulation pulmonaire de se rétablir et à l'animal d'échapper au péril.

» C'est ce qui est arrivé : j'ai fait respirer de l'oxygène à peu près pur à des chiens déjà paralysés complétement, dont le cœur faisait entendre un bruit très-fort de gargouillement, dont la veine jugulaire mise à nu se montrait gonflée par le gaz; j'ai vu très-rapidement alors les bulles gazeuses de la jugulaire diminuer de volume, puis disparaître, les bruits du cœur redevenir normaux, l'animal retrouver une respiration régulière et échapper à la mort qui menaçait de le frapper rapidement.

» Cependant elle survenait parfois au bout de plusieurs heures de paralysie ; dans d'autres cas, l'animal demeurait paraplégique. L'autopsie me donnait la raison de cette persistance des phénomènes morbides. Dans le système circulatoire général, le gaz libre avait disparu ; mais dans les centres nerveux on voyait les petits vaisseaux pleins de bulles gazeuses, séparées par des index de sang. Il est évident que la circulation locale de ces organes si importants s'était arrêtée, que les bulles de gaz n'avaient pu être ramenées dans la circulation générale, d'où la paralysie et la mort.

» Mais, comme la vie des animaux n'est plus menacée à bref délai, j'avais pensé à les guérir en faisant suivre l'emploi de l'oxygène de celui de la recompression ; j'espérais, diminuant ainsi le volume des bulles, permettre à la circulation de se rétablir, et le reste n'était plus qu'une question de prudence dans la décompression. Malheureusement, l'accident dont j'ai parlé plus haut ne me permettra pas, d'ici à un assez long temps, de réaliser l'expérience.

» Dès maintenant, cependant, je me sens autorisé à conseiller aux armateurs, aux ingénieurs, dont les plongeurs et les ouvriers sont exposés aux accidents signalés, d'employer l'oxygène et de faire respirer ce gaz à leurs hommes, après la décompression, dès qu'un certain malaise pourra faire craindre quelque chose de plus grave. Ils pourraient ensuite, avec plus de tranquillité, essayer de la recompression; mais la respiration d'oxygène constitue un remède simple, peu coûteux, d'un emploi facile, d'une innocuité parfaite, et qui, employé à temps, préviendra, j'en suis persuadé, bien des catastrophes.

» J'ajouterai que cette méthode de traitement me paraît devoir s'appliquer avec succès aux accidents dus à l'introduction de l'air dans les veines. J'ai commencé des expériences dans ce sens ; mais ceux qui savent quelles difficultés d'appréciation elles présentent me pardonneront de ne pas risquer de me compromettre par des affirmations prématurées ; en tous cas les chirurgiens pourraient, à l'occasion, essayer de ce moyen : il a l'avantage d'être complétement inoffensif. »

ZOOLOGIE. — *Exploration bathymétrique de la fosse du cap Breton;* Note de MM. P. FISCHER et DE FOLIN, présentée par M. Blanchard.

« Dans la campagne de 1872, nous avons surtout cherché à explorer complétement une seule partie de la fosse du cap Breton, à toutes ses profondeurs, afin d'arriver, en continuant nos travaux pendant quelque temps encore, à une connaissance plus précise de toute cette région géographique. Nos draguages les plus récents ont été exécutés sur vingt-neuf points et à des profondeurs variant entre 12 et 180 brasses ; ils eussent été plus nombreux sans la perte d'une drague que nous avons abandonnée par 45 brasses de fond.

» Voici la liste des animaux les plus intéressants que nous ayons rencontrés ; ils sont groupés d'après la profondeur des zones qu'ils habitent.

» *Première zone*, de 12 à 35 brasses. — Les fonds que l'on atteint, dans ces limites, sont sablonneux, à l'exception d'un seul point où l'on touche sur des roches par 25 brasses. Les Mollusques les plus abondants sont des *Ringicula*, *Cylichna*, *Eulimella*, *Chemnitzia*, *Lucina*, *Pandora*, *Thracia*, *Rissoa*, *Dischides*, etc., mais dans le nombre se trouvent quelques espèces que nous n'avions pas encore signalées, ou qui sont nouvelles pour la science ; nous citerons : *Kellia Mac-Andrewi*, Fisch., espèce déjà draguée au large en dehors d'Arcachon ; *Sportella recondita* nov. sp., forme très-intéressante et représentant à l'état vivant un genre fossile du bassin de Paris ; *Lepton glabrum* nov. sp., *Lepton subtrigonum* Jeffreys et *Lepton lacerum* Jeffreys ; ces deux *Lepton* ont aussi été recueillis durant l'expédition du Porcupine, par M. Jeffreys, qui a identifié nos exemplaires avec les siens ; nous les avons retrouvés encore dans les draguages opérés près de Gijon (Asturies), à partir de 18 brasses. Enfin nous mentionnerons parmi les autres mollusques rares : *Pholadidea papyracea*, *Lucinopsis undata*, *Solarium fallaciosum*, etc.

» Les crustacés nous ont présenté deux formes nouvelles pour la faune française : l'*Ebalia Pennanti*, que nous cherchions depuis longtemps sans

succès, et, à notre grande surprise, le *Lambrus Massena*, que nous croyions propre à la Méditerranée; nous l'avons dragué de nouveau à une profondeur un peu plus grande (45 brasses). Les Ostracodes sont des *Cythere* et des *Loxoconcha*. Parmi les Annélides, M. Vaillant a reconnu une belle espèce de *Sigalion*, qu'il croit nouvelle.

» *Deuxième zone*, de 40 à 90 brasses. — Fonds variables, tantôt rocheux, tantôt sablonneux ou vaseux.

» Parmi les mollusques acéphales, nous avons obtenu les *Lepton glabrum*, *L. subtrigonum*, *Sportella recondita*, déjà signalés à des profondeurs moindres et accompagnés ici de deux formes nouvelles très-remarquables et appartenant également à la famille des *Kelliidæ;* ce sont les *Scintilla crispata* et *Hindsia Jeffreysiana*. Le genre *Hindsia*, comme le genre *Sportella*, a été institué pour des coquilles éocènes, et le voilà trouvé à l'état vivant sur les côtes de France. Nous l'avons également obtenu sur les côtes des Asturies. Quant au *Scintilla crispata*, il rappelle à la fois, par sa forme, des espèces éocènes et des formes vivantes des Philippines; c'est en effet dans le grand Océan que les *Scintilla* atteignent leur maximum de développement et l'on ne soupçonnait pas leur présence dans nos régions tempérées. Nous citerons, parmi les autres Acéphales, une nouvelle espèce de *Kellia*, voisine du *K. Geoffroyi;* une valve de *Neæra cuspidata*, draguée par 80 brasses, les *Lucina radula*, *L. spinifera*, et *Tellina compressa* Brocchi, coquille qui n'était connue qu'à l'état fossile et qu'on commence à recueillir par de grandes profondeurs dans la Méditerranée et dans la fosse du cap Breton.

» Les fragments de roches ramenés par la drague sont criblés de mollusques saxicoles, plus ou moins déformés : *Gastrochæna modiolina*, *Saxicava rugosa*, *Sphenia Benghami*, *Kellia suborbicularis*, *Thracia distorta*, *Coralliophaga lithophagella*, *Acta lactea*, *Arca tetragona*, *Pecten pusio*, *Anomia ephippium*, *Crenella Petagnæ*. Ces Mollusques s'étaient développés successivement dans l'intervalle des valves des anciens propriétaires des excavations et nous avons ainsi trouvé jusqu'à cinq coquilles emboîtées les unes dans les autres et occupant une seule cavité de roche. Des astéries stationnaient sur ces roches et y trouvaient sans doute une nourriture abondante.

» Les Gastéropodes ne nous ont offert que peu d'espèces nouvelles pour la faune française, à l'exception cependant d'une espèce de *Cæcum* qui constitue une section particulière dans le genre; sa surface est recouverte de nombreuses épines, légèrement recourbées à l'extrémité, et à courbure dirigée vers le sommet. Nous l'appellerons *Cæcum spinosum*. Citons encore

une espèce méditerranéenne, *Fossarus costatus*, et un *Truncatella* propre au golfe de Gascogne, *Tr. Juliæ*.

» A la suite de nos sondages de 1870, nous avons annoncé la découverte, sur les côtes occidentales de France, d'un Ptéropode du genre *Cleodora*; en 1872 nous avons eu la satisfaction d'obtenir un deuxième représentant de ce groupe de Mollusques, l'*Hyalæa inflexa* Lesueur, espèce qui pénètre souvent dans la Méditerranée.

» Parmi les Echinodermes, nous avons dragué une ophiure des mers d'Angleterre : l'*Ophiactis Balli* Thompson, et une des plus curieuses Holothuries des mers du Nord : le *Thyone fusus* Müller (*H. papillosa* Abildgaard).

» Les Rayonnés et les Foraminifères ne nous ont pas offert de formes nouvelles.

» *Troisième zone, 180 brasses.* — A cette profondeur, le fond est une vase molle, habitée par une faune assez peu variée. Comme dans mes explorations précédentes, nous retrouvons des Annélides en grand nombre, des tubes de *Pectinaria*, des Échinodermes : *Brissopsis lyrifer* Forbes, *var. Biscayensis*, et *Amphiura Chiajei* Forbes, ophiure de la Méditerranée; parmi les mollusques, les *Nassa semistriata*, *Tellina compressa*, *Syndosmya alba*, etc. La vase renfermait une grande quantité de débris végétaux terrestres : graines, feuilles, tiges, etc. Nous notons ce fait comme un indice qui permettrait de croire ou que les courants amènent dans ces grands fonds des matières organiques disséminées aux alentours, précipitées ensuite sur ce point par l'effet d'un remous, ou que nous avons atteint des couches déposées dans la fosse du cap Breton par l'Adour, à l'époque où il débouchait au cap Breton; mais cette dernière hypothèse mérite confirmation.

» En résumé, l'exploration de 1872 augmente sensiblement les richesses de la faune française, et nous fait connaître des formes entièrement nouvelles. Nous croyons qu'il serait nécessaire, pour arriver à compléter nos études, de produire quelques explosions parmi les roches qui, sur plusieurs points, émergent du fond. On pourrait ainsi en rapporter avec la drague des fragments plus ou moins gros, et découvrir des parties du fond abritées par ces roches et où la vie animale doit être très-variée.

» Les opérations du chalut devraient être exécutées avec un filet beaucoup plus grand. Dans ce cas, il serait facile d'établir à quelles profondeurs stationnent les diverses espèces de poissons qui pénètrent dans la fosse, travail qui n'a pas encore été entrepris et qui donnerait peut-être des résultats importants.

» Enfin nous rappellerons que, depuis le commencement de ces recher-

ches, la faune française a été enrichie de plus de 200 espèces qui n'avaient jamais été signalées sur nos côtes, et cependant nous n'avons déterminé ni les Annélides, si nombreuses, ni les petits Crustacés amphipodes et isopodes, ni les Éponges, etc. Il reste donc là un vaste champ d'études ouvert aux travailleurs qui s'intéressent à l'histoire naturelle de la France. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur la respiration des Psammodromes;* Note de M. J. **Jullien**, présentée par M. de Quatrefages.

« Le poumon des Psammodromes est traversé à l'intérieur par des faisceaux musculaires à fibres lisses, très-volumineux, s'anastomosant les uns avec les autres, et formant une sorte de quadrillage en saillie à l'intérieur, qui sert de charpente au tissu pulmonaire proprement dit, comme chez tous les reptiles.

» Ces faisceaux musculaires ont un rôle des plus importants dans la respiration de ces animaux. Ils n'avalent pas l'air comme les batraciens, mais, quand ils respirent, les faisceaux musculaires mentionnés ci-dessus se contractent, comme le ferait le cœur lui-même, l'air est expulsé et, après la contraction, il rentre dans les poumons, grâce à l'élasticité du thorax, aidée sans aucun doute par l'action des muscles élévateurs des côtes; les contractions des muscles thoraciques n'entrent pour rien dans cette expiration, qui n'est absolument due qu'à la contraction des muscles intrinsèques des poumons. Il paraît peu probable d'ailleurs que ces muscles pulmonaires soient soumis à la volonté de l'animal; ils me semblent devoir fonctionner comme les muscles de l'iris, qui se contractent à l'insu de l'animal, et selon l'intensité de la lumière. Quand on regarde respirer un de ces lézards, on voit que le second temps respiratoire, c'est-à-dire le plus long, est l'expiration, suivie immédiatement d'une inspiration brusque. Or, quand un mammifère respire, c'est le contraire qui a lieu : une longue inspiration précède une expiration plus ou moins courte. La respiration des Psammodromes diffère donc profondément, au double point de vue anatomique et physiologique, de celle des mammifères ou des oiseaux. Elle appartient à un type intermédiaire, qui doit prendre sa place au-dessous du type respiratoire des deux classes susnommées et au-dessus du type respiratoire des batraciens.

» Cette observation s'applique à l'expiration chez tous les reptiles munis de poumons. »

MM. F. **Boyer** et H. **Coulet** demandent l'ouverture d'un pli cacheté, dé-

posé par eux le 21 février 1870, et relatif à un procédé pour reconnaître la coloration artificielle des vins.

M. le Secrétaire perpétuel, après avoir constaté, en séance, l'intégrité du cachet, procède à l'ouverture de ce pli, et donne lecture du passage suivant :

« Notre procédé est fondé sur la propriété qu'ont les laines amordancées à l'*oxychlorure d'étain* (*mordant d'étain des teinturiers*) de fixer la matière colorante rouge de la cochenille et d'être insensibles au principe colorant des vins naturels; de plus, les laines ainsi amordancées et bouillies dans le vin naturel passent au *vert* quand on les lave dans une eau alcaline ou ammoniacale, et ne changent pas quand il y a même des traces de cochenille ammoniacale. »

M. G. Lebon adresse, par l'entremise de M. Larrey, une Note sur « l'Anatomie et l'Histologie enseignées par les projections lumineuses. »

Le P. Secchi transmet à l'Académie une Lettre du P. *Colombel*, concernant le climat de diverses parties de la Chine, au point de vue de l'installation des observations du passage de Vénus au mois de décembre 1874.

Cette Lettre sera transmise à la Commission du passage de Vénus.

M. Chasles, en déposant sur le bureau le premier numéro du *Bulletin de la Société mathématique de France,* présente les considérations suivantes :

« Diverses Sociétés scientifiques ont fondé, depuis quelques années, des publications périodiques rendant compte de leurs travaux, au grand profit des sciences; telles : la Société de Botanique, de Géologie, de Biologie, de Météorologie, etc., à l'instar de la célèbre Société d'Encouragement, dont les travaux, dans leur variété et leur étendue, ont été d'une si heureuse influence en France et à l'étranger, et ont inspiré diverses autres associations particulières, consacrées aux sciences d'*application*. Les Mathématiques théoriques, base fondamentale, dans toutes leurs parties, des travaux techniques, avaient à désirer une association spéciale, telle que celle qui a été fondée dans ces dernières années, en Angleterre, à l'imitation de la Société astronomique de Londres, qui, depuis les premiers temps de ce siècle, a contribué aux progrès des diverses parties de la Mécanique céleste, et à l'émulation entre les observatoires nombreux de la Grande-Bretagne et ceux de notre continent et de l'Amérique. Indépendamment de la Société mathématique de Londres, nous pouvons citer celles qui viennent

de se former récemment à Moscou et à Prague. Nous sommes heureux de pouvoir dire à l'Académie que notre *Société mathématique* compte à sa naissance cent cinquante membres, et a la confiance que ses efforts mériteront le concours et les encouragements de tous ceux qui reconnaissent l'importance et la haute nécessité, à tous égards, de la culture incessante de toutes les branches des Sciences mathématiques. »

M. le baron Larrey présente, de la part de M. le docteur Gordon, délégué inspecteur général des hôpitaux de l'armée anglaise, un livre imprimé en anglais et intitulé : *Leçons d'Hygiène et de Chirurgie, d'après la guerre franco-prussienne.*

« L'auteur, dit M. Larrey, avait été désigné par son gouvernement, avec autorisation du Ministre de la Guerre, pour suivre le service des hôpitaux et ambulances pendant le siége de Paris, où il me fit part de sa mission.

» S'inspirant d'une généreuse pensée de Turenne : « Mon bien le plus » précieux, c'est la santé du soldat », M. Gordon expose successivement, dans son ouvrage, les questions à la fois relatives aux troupes françaises et prussiennes, à savoir : l'hygiène du soldat et toutes les conditions qui s'y rattachent; les exercices militaires et la gymnastique, les marches, les camps et les bivouacs; le service médical dans l'une et l'autre armée; les hôpitaux militaires et leurs dépendances; les ressources improvisées pour les malades et les blessés; les armes et leurs effets; les dispositions prises pour le combat; la chirurgie du champ de bataille; les blessures en général et d'après chaque région du corps; les complications des plaies; les opérations chirurgicales; l'hygiène des blessés; l'alimentation de Paris pendant le siége; l'hygiène publique; les maladies et la mortalité, etc.

» Le livre de M. Gordon, ajoute M. Larrey, est, en définitive, un utile document de plus ajouté à tous ceux qui ont déjà paru sur l'Hygiène et la Chirurgie d'armée, depuis la dernière guerre. »

La séance est levée à 6 heures. É. D. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 17 février 1873, les ouvrages dont les titres suivent :

Mémoire sur les formes cérébrales propres à différents groupes de mammifères; par P. GERVAIS. Sans lieu ni date; br. in-8°. (Extrait du *Journal de Zoologie.*)

Bulletin météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université d'Upsal; vol. I, n°s 1 à 12; vol. II, n°s 1 à 12; vol. III, n°s 1 à 12. Upsal, 1870-1871; 5 br. in-4°

Nova Acta regiæ Societatis Scientiarum upsaliensis; seriei tertiæ, vol. VII, fasc. I-II, 1869-1870; vol. VIII, fasc. I, 1871. Upsaliæ, 1869-1871; 3 vol. in-4°.

Upsala Universitets Arsskrift, 1868, 1869, 1870, 1871. Upsala, C.-J. Lundström, 1867-1871; 4 vol. in-8°.

Circular n° 2. *Approved plans and specifications for post hospitals, surgeon general's Office.* Washington, july 27, 1871; in-4°. (Présenté par M. le Baron Larrey.)

War department, surgeon general's Office. Washington, august 17, 1871. Circular n° 3. *Report of surgical cases in the army.* Washington, Government printing Office, 1871; in-4°. (Présenté par M. le Baron Larrey.)

Note spettroscopiche sul Sole e gli altri Corpi celesti del P. A. SECCHI. Roma, tip. delle Belle Arti, 1872; br. in-8°.

L'Académie a reçu, dans la séance du 24 février 1873, les ouvrages dont les titres suivent :

Carte hydrologique et géologique du bassin de la Seine, dressée par M. BELGRAND et publiée sous l'administration de M. Haussmann. Paris, sans date; 39 cartes in-folio.

Service hydrométrique du bassin de la Seine. Observations faites sur les petits cours d'eau. Relations de leurs crues avec celles de la Seine à Paris. Paris, sans date; 77 cartes in-folio.

Notice sur les travaux de M. P. BOILEAU. Versailles, imp. Beaugrand et Dax, 1873; in-4°.

Notes de M. DE CHANCOURTOIS *sur la théorie des soulèvements. Sur les rapports de la géologie et de l'ethnologie. Observations sur la corrélation des gisements de combustibles et des phénomènes d'émanation. Observations sur le fer natif d'Ovifak. Sur la corrélation directe des formations éruptives et des formations sédimentaires, et sur les conséquences de cette corrélation, notamment sur les rapports de l'aragonite et des travertins;* 4 opuscules in-8°. (Extrait du *Bulletin de la Société géologique.*)

Annales de la Société entomologique de Belgique, t. XV. Bruxelles, au siége de la Société (Musée royal d'Histoire naturelle), 1871-1872; in-8°.

L'Architecture du monde des atomes; par M. A. GAUDIN. Paris, Gauthier-Villars, 1873; 1 vol. in-18. (Adressé par l'auteur au Concours Gegner, 1873.)

Principes d'électrothérapie; par le Dr E. CYON. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1873; 1 vol. in-8°.

Des aérophores et de leur application au travail dans les mines; par A. et L. DENAYROUSE. Paris, Dunod, 1872; br. in-8°.

Recherches sur le rôle des matières organiques du sol dans les phénomènes de la nutrition des végétaux; par M. L. GRANDEAU; 2e Mémoire. Nancy, impr. Berger-Levrault, 1872; br. in-8°.

L'Année scientifique et industrielle; par L. FIGUIER; 16e année (1872). Paris, Hachette et Cie, 1873; 1 vol. in-12.

Étude générale et comparative des pharmacopées d'Europe et d'Amérique; par F.-A. VERWAEST. Paris, A. Delahaye, 1872; br. in-8°.

Quelques réflexions à propos de la nouvelle loi relative au travail des enfants dans les manufactures; par M. le Dr R. MARJOLIN. Paris, imp. Chaix, 1873; br. in-8°.

Agriculture. Lombrics; par le Dr E. ROBERT. Paris, sans date, impr. Walder; opuscule in-8°. (Extrait du journal *Les Mondes.*)

Arboriculture. Cossus; par le Dr E. ROBERT. Paris, sans date, imp. Walder; opuscule in-8°. (Extrait du journal *Les Mondes.*)

The admiralty list of lights in south Africa, east Indies, China, Japan, Australia, Tasmania and New-Zealand; 1873.

The admiralty list of lights in south America, western coast of north America, Pacific islands, etc.; 1873.

The admiralty list of lights on the west, south and south-east coasts of Africa; 1873.

The admiralty list of lights in the west India islands and adjacent coasts; 1873.

The admiralty list of lights in the United-States of America; 1873.

The admiralty list of lights on the coasts and lakes of british north America; 1873.

The admiralty list of lights in the North sea (Belgium, Holland, Denmark, Prussia, Russia, Sweden, Norway), the Baltic and the Withe sea; 1873.

The admiralty list of lights in the Mediterranean, Black and Azof seas, and gulf of Suez; 1873.

The admiralty list of lights on the north and west coasts of France, Spain and Portugal; 1873.

The admiralty list of lights in the British islands; 1873.

Tide tables for the british and irish ports, for the year 1873.

London, printed for the hydrographic department, admiralty; 11 brochures in-8°, avec cartes.

Reports of the proceedings of the meteorological Conference at Leipzig, Protocol and Appendices. London, printed by G.-E. Eyre and W. Spottiswoode, 1873; in-8°.

Die Erdgeschichte oder Geologie; von R. GRASSMANN. Stettin, 1873; 1 vol. in-8°.

L'Académie a reçu, dans la séance du 3 mars 1873, les ouvrages dont les titres suivent :

Annuaire de l'Observatoire royal de Bruxelles; par A. QUETELET, Directeur, 1872-1873. Bruxelles, imp. Hayez, 1871-1872; 2 vol. in-32.

Notice sur sir John-F.-W. Herschel; par A. QUETELET. Bruxelles, imp. F. Hayez, 1872; br. in-18.

Notice sur Charles Babbage; par Ad. QUETELET. Bruxelles, imp. F. Hayez, 1873; br. in-18.

Annuaire de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, 1872-1873. Bruxelles, imp. F. Hayez, 1872-1873; 2 vol. in-18.

Sur les étoiles filantes de la période de novembre, et sur les aurores boréales

des 9 et 10 du même mois; Note par M. Ad. QUETELET. Bruxelles, imp. F. Hayez. (Extrait des *Bulletins de l'Académie royale de Belgique.*)

Unité de l'espèce humaine; par M. Ad. QUETELET. Sans lieu ni date; br. in-8°.

Tables de mortalité et leur développement; par Ad. QUETELET. Bruxelles, imp. F. Hayez, 1872; br. in-4°.

Observations des phénomènes périodiques pendant l'année 1870. Sans lieu ni date; br. in-4°. (Extrait du tome XXXIX des *Mémoires de l'Académie royale de Belgique.*)

Biographie nationale publiée par l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique; t. III, 2e partie; t. IV, 1re partie. Bruxelles, imp. H. Thiry, 1872; 2 vol. gr. in-8°.

Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique. Collection in-8°, t. XXII. Bruxelles, F. Hayez, avril 1872; 1 vol. in-8°.

Note sur les tremblements de terre en 1869, *avec suppléments pour les années antérieures, de* 1843 *à* 1868 (XXVIIe relevé annuel); *par* M. Al. PERREY. Bruxelles, imp. F. Hayez, sans date; opuscule in-8°. (Extrait des *Bulletins de l'Académie royale de Belgique,* 1871.)

Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique. Centième anniversaire de sa fondation (1772-1872). *Premier siècle de l'Académie; par* Ad. QUETELET. Bruxelles, imp. F. Hayez, 1872; in-8°.

Académie royale de Belgique. Centième anniversaire de sa fondation (1772-1872); t. II. Bruxelles, F. Hayez, 1872; 1 vol. in-8°.

Mémoires de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique; t. XXXIX, Bruxelles, imp. F. Hayez, 1872; 1 vol. in-4°.

Annales de l'Observatoire royal de Bruxelles, publiées, aux frais de l'État, par le Directeur A. QUETELET; t. XXI. Bruxelles, F. Hayez, 1872; in-4°.

Table chronologique des chartes et diplômes imprimés concernant l'histoire de la Belgique; par Alp. WAUTERS; t. III (1191-1225). Bruxelles, F. Hayez, 1871; in-4°.

Speghel der Wijsheit of Leeringhe der Zalichede, van Jan Praet, etc.; door J.-H. BORMANS. Brussel, F. Hayez, 1872; 1 vol. in-8°.

Ouddietsche fragmenten van den Parthonopeus van Bloys, etc.; door J.-H. BORMANS. Brussel, F. Hayez, 1871; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société mathématique de France, publiée par les Secrétaires; t. I, n° 1. Paris, au siége de la Société, 1873; br. in-8°. (Présenté par M. Chasles.)

Bulletin des Sciences mathématiques et astronomiques, rédigé par MM. G. DARBOUX et J. HOÜEL; t. IV, janvier 1873. Paris, Gauthier-Villars, 1873; in-8°. (Présenté par M. Chasles.)

Animaux fossiles du mont Léberon (Vaucluse). Étude sur les vertébrés; par M. Al. GAUDRY. *Étude sur les invertébrés; par* P. FISCHER *et* R. TOURNOUER; 2e liv. Paris, F. Savy, 1873; in-4°.

Nouveau traité de Chimie industrielle; par R. WAGNER, édition française, publiée, d'après la 8e édition allemande, par le Dr L. GAUTIER; t. II, fasc. 3. Paris. F. Savy, 1873; in-8°.

Le Constructeur. Tables, formules, etc. Aide-mémoire à l'usage des ingénieurs, constructeurs, architectes, mécaniciens, etc.; par F. REULEAUX, édition française publiée sur la 3e édition allemande, par MM. A. DEBIZE et E. MÉRIJOT; 2e fascicule. Paris, F. Savy, 1873; 1 vol. in-8°.

Cours de Chimie agricole professé à l'École d'Agriculture de Grignon; par P.-P. DEHÉRAIN. Paris, Hachette et Cie, 1873; 1 vol. in-8°. (Adressé par l'auteur au Concours Morogues, 1873.)

Sur quelques questions relatives aux fonctions elliptiques; par E. CATALAN. Rome, imp. des Sciences mathématiques et physiques, 1873; in-4°.

Cours d'Agriculture pratique. Les plantes alimentaires; par Gustave HEUVÉ. Paris, Librairie agricole, sans date; 2 vol. in-8°, avec atlas. (Présenté par M. H. Mangon.)

Iconographie photographique des centres nerveux; par J. LUYS; 3e livraison. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1873; in-4°. (Présenté par M. Ch. Robin et renvoyé au Concours des prix Montyon, Médecine et Chirurgie, 1873.)

Hystérotomie. De l'ablation partielle ou totale de l'utérus par la gastrotomie. Étude sur les tumeurs qui peuvent nécessiter cette opération; par MM. J. PÉAN *et* L. URDY. Paris, Ad. Delahaye, 1873; 1 vol. in-8°, relié.

Notice sur les travaux scientifiques de M. J. Bourget. Paris, Gauthier-Villars, 1871; in-4°.

L'Anatomie et l'Histologie enseignées par les projections lumineuses, etc.; par le Dr G. LE BON. Paris, au bureau des *Mondes*, Gauthier-Villars, 1873; in-18.

(*La suite du* Bulletin *au prochain numéro.*)